# SCIENCE & VIE

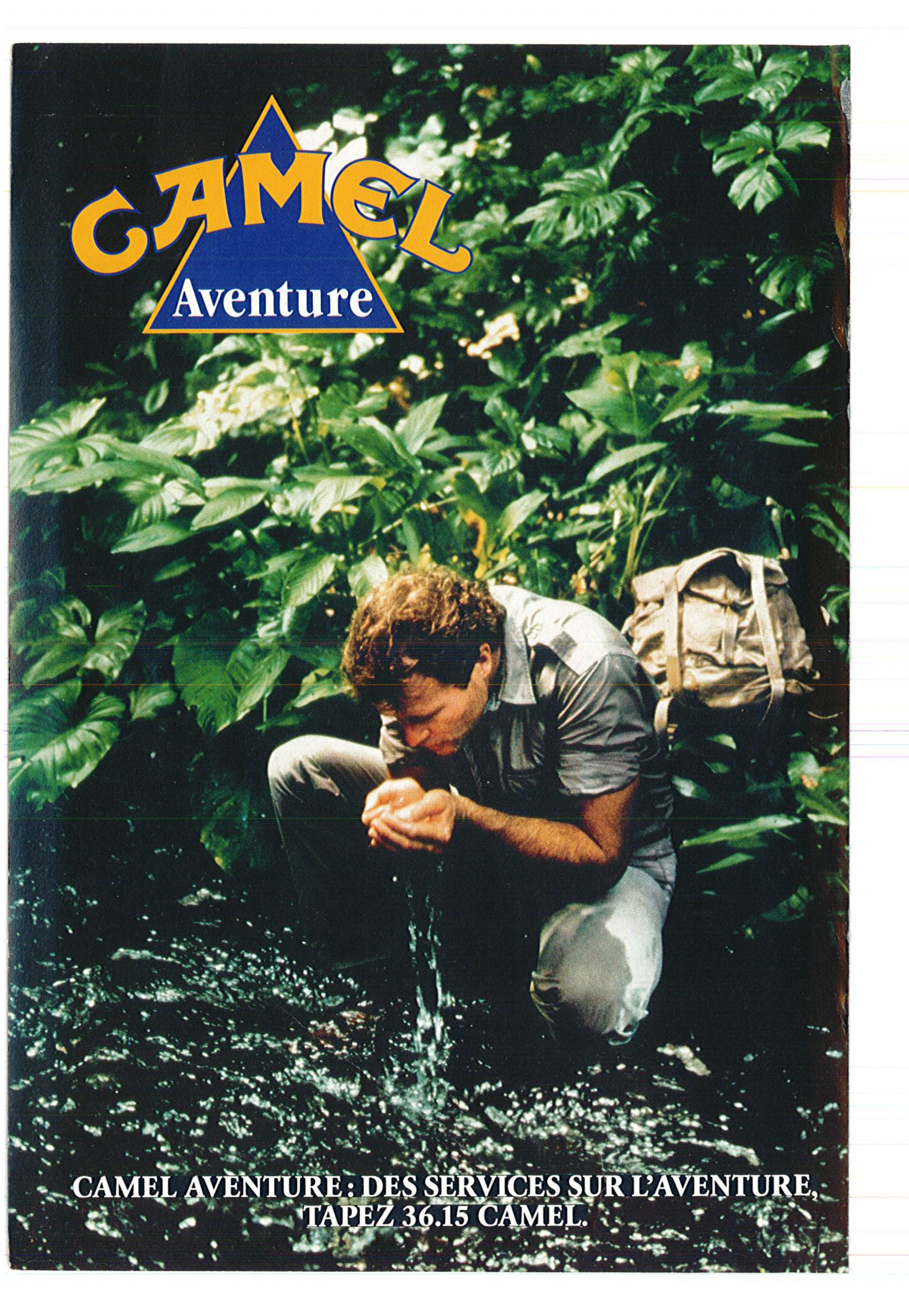
MENSUEL N° 882
MARS 1991

GUERRE TERRESTRE : LES DEUX STRATÉGIES

- La vie après la vie
- Cancer du sein : le coupable identifié

# LES SECRETS DU "PATRIOT"




CAMEL
Aventure
CAMEL AVENTURE : DES SERVICES SUR L'AVENTURE,
TAPEZ 36.15 CAMEL.




Publié par EXCELSIOR PUBLICATIONS S.A.
Capital social : 11 100 000 F - durée : 99 ans
1 rue du Colonel Pierre-Avia - 75503 Paris Cedex 15
Tél. (1) 46 48 48 48 - FAX : (1) 46 48 48 67
Adresse télégraphique : SIENVIE PARIS - Télex : 631 994 F
Principaux associés : JACQUES DUPUY, YVELINE DUPUY, PAUL DUPUY

**• DIRECTION, ADMINISTRATION**
Président-directeur général : PAUL DUPUY
Directeur général : JEAN-PIERRE BEAUVALET
Directeur général adjoint : FRANÇOIS FAHYS
Directeur financier : JACQUES BEHAR
Directeur commercial publicité : PATRICIA BRAULT
Directeur marketing et commercial : FRANCIS JALUZOT
Directeur des études : ROGER GOLDBERGER

**• RÉDACTION**
Rédacteur en chef : PHILIPPE COUSIN
Rédacteur en chef adjoint : GERALD MESSADIÉ
Chef des informations,
rédacteur en chef adjoint : JEAN-RENÉ GERMAIN
Rédacteur en chef adjoint : GÉRARD MORICE
Assisté de MONIQUE VOGT
Secrétaire général de rédaction : ELIAS AWAD
Secrétaires de rédaction : FRANÇOISE SERGENT, NADINE RAGUET
Rédacteurs : MICHEL EBERHARDT, RENAUD DE LA TAILLE, ALEXANDRE DOROZYNSKI, PIERRE ROSSION, JACQUES MARSAULT, PIERRE COURBIER, CHRISTINE MERCIER, JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR, MARIE-LAURE MOINET, ROGER BELLONE, JEAN-MICHEL BADER, DIDIER DUBRANA, HENRI-PIERRE PENEL
Secrétaires : MARIE-ANNE GUFFROY, PAULE DARCONNAT

**• ILLUSTRATION**
ANNE LÉVY
Photographe : MILTOS TOSCAS

**• DOCUMENTATION**
EMMANUELLE BILLON-BERNHEIM

**• CONCEPTION GRAPHIQUE**
TOTEMA, ANTONIO BELLAVITA

**• MAQUETTE**
CHRISTINE VAN DAELE, LIONEL CROOSON

**• RELATIONS EXTÉRIEURES**
MICHÈLE HILLING
Assistée de : MARIE-LAURE GRATREAU

**• SERVICES COMMERCIAUX**
Abonnements : PATRICK ALEXANDRE SARRADEIL
Assisté de BRIGITTE CROUZAT
Vente au numéro : JEAN-CHARLES GUERAULT
Assisté de : MARIE CRIBIER
téléphone vert : 05 43 42 08 réservé aux dépositaires
Belgique : A.M.P. 1 rue de la Petite-Isle 10.70 Bruxelles
Commande de reliures et d'anciens numéros : CHANTAL POIRIER, tel. (1) 46 48 47 18

**• CORRESPONDANTS**
New York : SHEILA KRAFT, 300 Winston Drive, Cliffide PK NJ 07010 USA
Londres : LOUIS BLONCOURT, 16, Marlborough Crescent London W4, 1 HF
Tokyo : LIONEL DERSOT - Sun Height 205 2-14-1 Sakuragaoka Setagaya-Ku - Tokyo 156

**• PUBLICITÉ**
EXCELSIOR PUBLICITE INTERDECO
27 rue de Berri - 75008 Paris - Tél. (1) 44 35 12 08
Directeur de la publicité : RICHARD TZIPINE-BERGER
Directeur de clientèle : FRÉDÉRIC PAPIN

**• À NOS LECTEURS**
Courrier et renseignements : MONIQUE VOGT

**À NOS ABONNÉS**
Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changements d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,30 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.



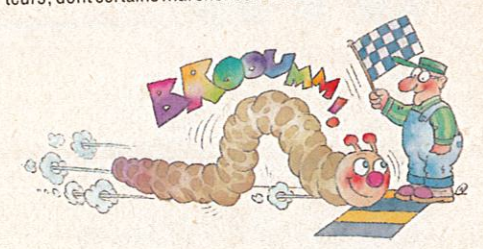






**PME françaises compétitives** dans l'Europe de 1993 ? C'est un pari difficile mais possible grâce à la productique intégrée. p. 98

**Un barreau de 1 cm²** soumis à un champ magnétique déplacerait en se dilatant une masse de 2,5 tonnes. Cette force colossale est mise à profit pour fabriquer des moteurs, dont certains marchent comme une chenille. p. 106




# S O M M A I R E

**Du pavot à l'héroïne,** de la coca à la cocaïne, du produit naturel à la drogue, une serie de transformations sont nécessaires, utilisant différents produits chimiques intermédiaires. Lesquels ? Comment sont-ils contrôlés ? C'est l'objet de ce 4e volet de notre grande enquête sur la drogue. p 16



**Chauves-souris farcies,** rôti d'antilope, de buffle ou d'éléphant. Des espèces sauvages sont élevées pour leur viande, mais aussi pour alimenter toute une série d'industries. p. 40

## SAVOIR



## POUVOIR



SCIENCE & VIE N° 882 — MARS 1991

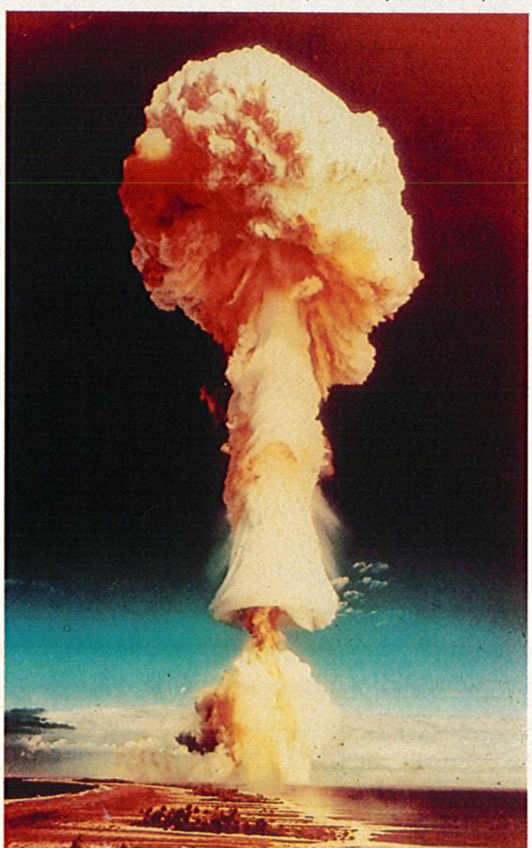


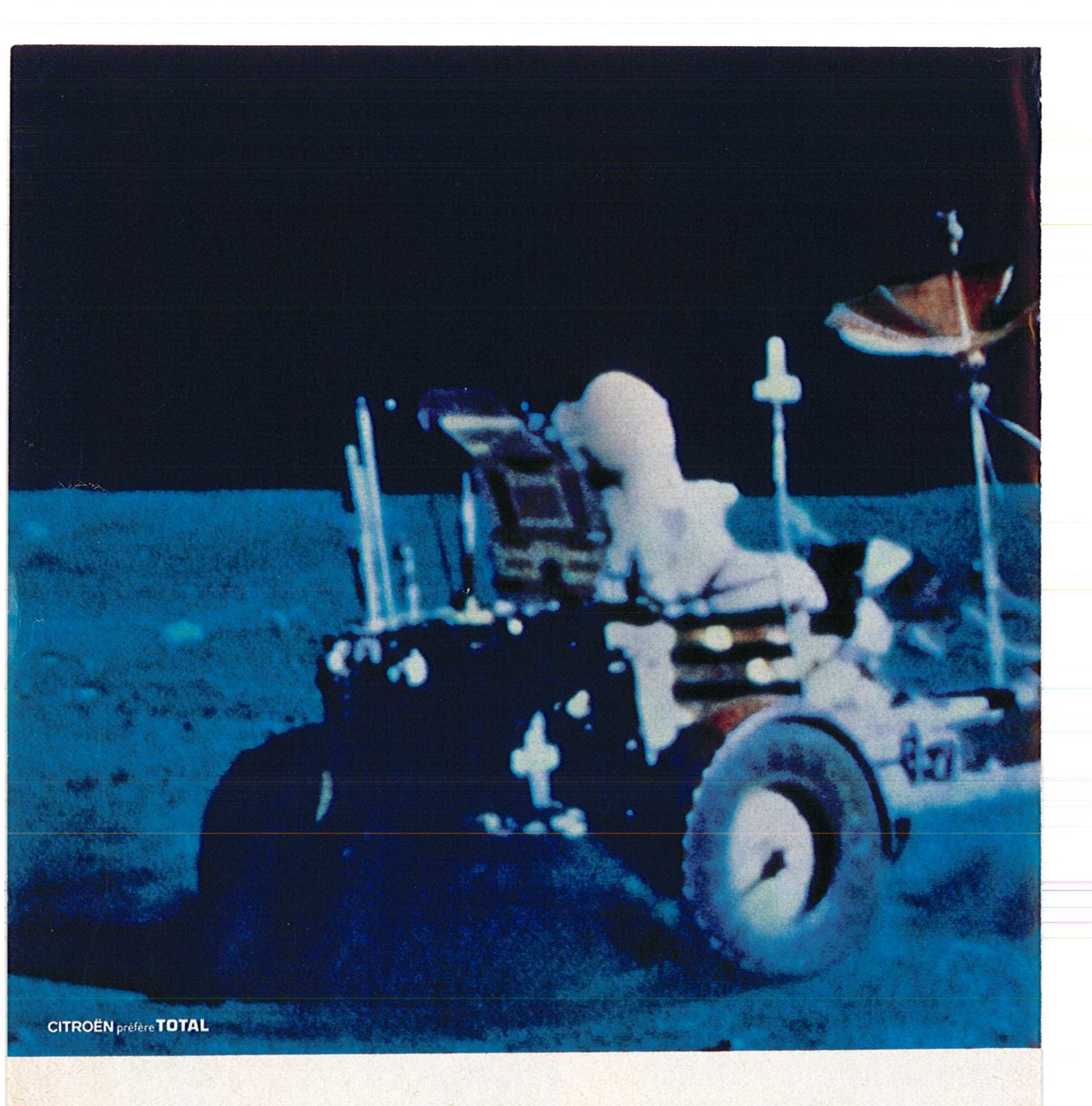


I R E

## UTILISER








Une valeur sûre comme la Citroën BX Millésime Turbo D aurait pu se contenter de ses qualités de grande routière: suspension hydraulique, insonorisation soignée. Mais pour que le plaisir de voyager soit à son comble, la Citroën BX Millésime s'est dotée d'équipements d'exception.

A l'extérieur, becquet aérodynamique, glaces teintées, rétroviseurs extérieurs réglables de l'intérieur avec commande électrique côté passager, alarme sonore d'oubli d'extinction des feux, condamnation centralisée des portes et du hayon avec télécommande à infrarouge.

A l'intérieur, banquette arrière rabattable 1/3-2/3 avec accoudoir central, volant sport, lève-glaces électriques sur portes avant avec commande séquentielle côté conducteur.

Et, sous le capot, toujours la même recherche de l'excellence avec un moteur turbo diesel particulièrement économique et performant de 66 kW (90 ch) à 4300 tr/mn (consommations C.E.E.: 4,5 l à 90 km/h, 6,3 l à 120 km/h, 6,9 l en parcours urbain).

Relations clientèle 05.05.24.24 (appel gratuit) ou minitel 3615 CITROËN.

C I T R O Ë N B X M I L

TRÈS PEU DE MOYENS DE TRANSPORT ONT COMPRIS
QUE LA RICHESSE DES ÉQUIPEMENTS
CONTRIBUAIT À LA QUIÉTUDE DU VOYAGE.



PLUS FORTE QUE LE TEMPS.

L É S I M E   T U R B O   D

Le nouveau Macintosh LC couleur ne coûte que 14 200 F HT*. Certes, cela tient




Le dernier Macintosh s'appelle LC. Comme tout nouveau-né, il a de belles couleurs. Et même son prix est tout petit. Un Macintosh couleur à 14 200 F HT*, cela semble incroyable.

En d'autres temps, nous aurions sans doute été accusés de sorcellerie. Mais si le plaisir et le confort d'utilisation apportés par les 256 couleurs de Macintosh LC exercent sur vous une attirance irrésistible, ne craignez rien pour votre âme ; ce prodige repose exclusivement sur la technologie.

En effet, Macintosh LC est équipé d'une vidéo intégrée et d'un disque dur de 40 Mo. Il est muni d'un microprocesseur 68020 à 16 MHz et d'une mémoire de 2 Mo extensible jusqu'à 10 Mo qui lui confèrent une puissance 2,5 fois supérieure à celle de Macintosh Classic. Il reste pourtant

un peu de la magie mais rassurez-vous, il s'agit surtout de haute technologie.




tout aussi facile à piloter que n'importe quel autre Macintosh.

Tel les grands mages, Macintosh LC comprend les langues les plus ésotériques. Pour cela, il est équipé d'un lecteur SuperDrive de 1,4 Mo lisant aussi les disquettes MS/DOS, OS/2 et ProDOS. Et pour que vous ne puissiez pas dire qu'il ne lui manque que la parole, nous l'avons doté d'une entrée son et d'un micro qui pourra enregistrer n'importe quel message, formule ou recette.

Pour découvrir Macintosh LC, rendez vous chez votre revendeur agréé Apple ou tapez la formule magique 3614 code Apple.

**Macintosh LC.**
**Le Macintosh couleur pour tous.**






*Prix public conseillé HT au 15 octobre 1990 de Macintosh LC (configuré avec 2 Mo de RAM, un disque dur interne SCSI de 40 Mo et le moniteur Apple 12" couleur). Soit prix public conseillé TTC de 16841,20 F au taux de TVA actuel de 18,6%.

# FORUM

## Darwin, Denton et les violons de *Science & Vie*

Relevant un certain nombre de discordances entre les positions de *Science & Vie* mensuel, du *S & V Hors-Série* et du *S & V Junior* à l'égard de Darwin et de l'évolutionnisme, un lecteur dont la lettre a été tellement appréciée qu'elle est passée de main en main avant d'être égarée, nous tançait : « *Accordez vos violons !* » Rappelons-lui, à titre tout à fait académique, que les rédactions de ces trois revues sont parfaitement indépendantes les unes des autres et qu'après tout, il se pourrait, tout à fait légitimement, que nous fussions en désaccord sur tel point ou tel autre. Mais enfin, ce lecteur a raison : c'était à propos de notre article "L'évolution contestée", du n° 837, de mars 1987, consacré aux théories de Michael Denton sur l'évolutionnisme.

Ces théories étaient alors fraîches, les titres de Denton assez prestigieux et le retentissement de son livre assez formidable pour avoir induit plus d'un, dont la rédaction de *Science & Vie* mensuel, à baisser la garde contre l'antidarwinisme. Nous ne passerions pas cet article-là aujourd'hui. Nous sommes, certes, ouverts aux idées neuves, la preuve en est faite, mais pas aux fausses.

Plutôt qu'assumer nous-mêmes notre défense, nous préférons à notre plaidoyer celui du Pr André Langaney, professeur au laboratoire d'anthropologie biologique du Museum d'histoire naturelle de Paris. Car l'affaire, et notre méprise, méritent, en effet, pareilles compétences. L'antidarwinisme, lui, ne baisse toujours pas sa garde et mène depuis plus d'un siècle une guerre contre l'évolutionnisme dont force est de constater que ce n'est pas une guerre scientifique, mais une guerre de religion.

« *Les questions sur l'évolution* abordées par Michael Denton, nous écrit le Pr Langaney, *sont aussi compliquées sur le plan mathématique que sur celui de la biologie théorique et moléculaire. C'est ce qui explique que les failles (ou les falsifications) de son argumentation aient pu abuser aussi bien l'honorable membre de l'Institut qui a imprudemment préfacé son livre, qu'un excellent journaliste.*

*» Ajoutons que son caractère polémique, son service de presse exceptionnel et son succès dans les médias américains (largement contrôlés par des lobbies créationnistes) ont aussi conféré à son livre une notoriété qui a anticipé toute analyse sérieuse par des spécialistes compétents. Ceux-ci ont malheureusement révélé que l'"argumentation scientifique" de Denton était fondée sur des raisonnements grossièrement erronés, sur la réaffirmation d'ignorances bien connues des spécialistes depuis longtemps, ainsi que sur une méconnaissance affligeante de l'histoire et de l'épistémologie des théories de l'évolution. Denton jette le bébé Evolution parce que l'eau de son bain n'est pas parfaitement claire, mais reconnaît naïvement qu'il n'a personne de scientifiquement présentable pour le remplacer.*

*» Nous ne prendrons ici qu'un exemple simple d'erreur de biologie moléculaire, la spécialité supposée de Denton. Considérons trois groupes d'espèces, P, R et M, qu'on suppose dérivées l'une de l'autre dans cet ordre d'ancienneté ; P étant, par exemple, les poissons, R les reptiles et M, les mammifères. La théorie des horloges moléculaires prédit que, si les vitesses d'évolution ont été assez stables pendant les temps géologiques (ce qui a été minutieusement vérifié par des biologistes tels que Kimura, Nei et bien d'autres), la distance génétique pour les systèmes neutres sera proportionnelle au temps séparant deux populations.*

*» En conséquence, elle prédit que les distances génétiques entre le dernier poisson fossile ancêtre commun AC d'une part, et d'autre part le mammifère actuel M, le reptile actuel R ou le poisson actuel P, seront égales. Il en résulte que la distance entre poisson actuel et reptile actuel (AC-P) + (AC-R) doit être égale à la distance entre poisson actuel et mammifère actuel (AC-P) + (AC-M), ce qui est vérifié expérimentalement. »*

*Or Denton, confondant (innocemment ?) poisson actuel P et poisson fossile AC, ainsi que reptile actuel R et reptile fossile AC, affirme (pp. 292 et 293) que la théorie prétend que P devrait être plus proche de R que de M et s'indigne que ce soit faux, alors que cela correspond exactement à ce qu'on attend !*

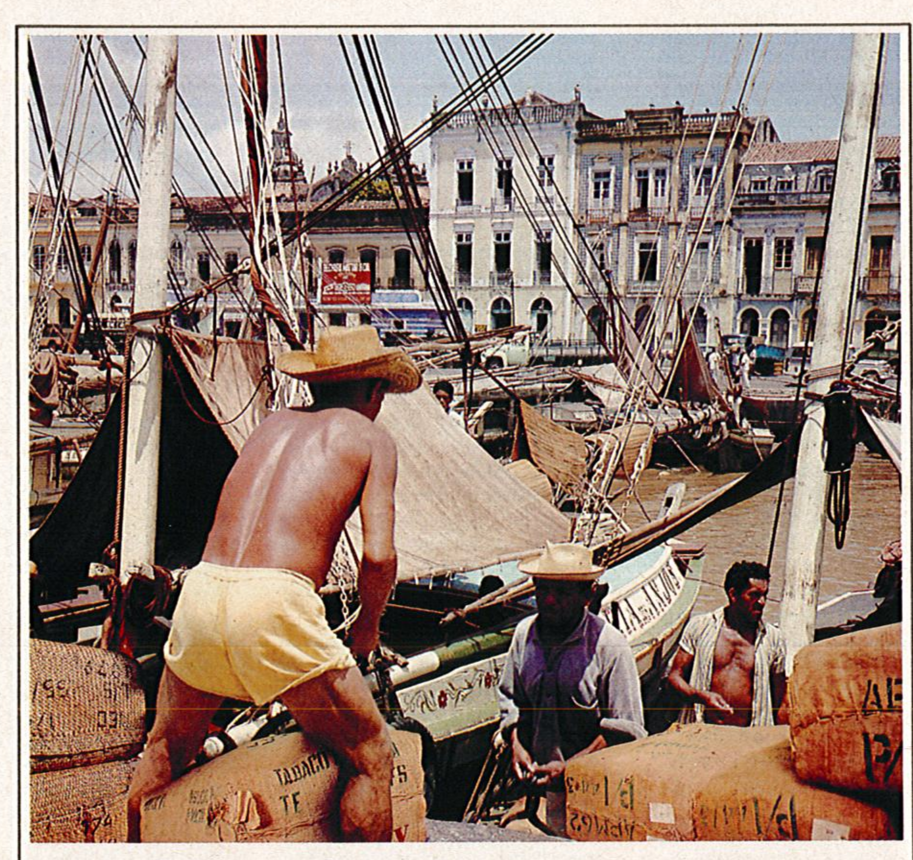
*» Devant une telle aberration, parmi beaucoup d'autres, on peut seulement se demander si Denton est de bonne foi (fondamentaliste et créationniste), et biaise inconsciemment ses interprétations, ou bien si c'est un manipulateur cynique (pour des raisons religieuses et/ou commerciales ?). Comme il s'abstient de tout commentaire personnel et comme je ne l'ai pas rencontré, je n'ai pas d'opinion définitive sur la question.*

*» Pour répondre ensuite aux questions de notre lecteur, je préciserai :*

*» **1.** Que les mathématiques, la logique et la biologie sont des objections majeures aux "arguments" de Denton, et non aux éléments solides des théories raisonnables de l'évolution.*

*» **2.** Que la quasi absence de fossiles intermédiaires entre les espèces est, de Lamarck et Darwin jusqu'à nos jours, l'un des défis majeurs aux théories de l'évolution. La théorie des équilibres ponctués de Gould et Eldredge, complétée par un certain nombre de propositions d'autres évolutionnistes, dont Tattersall et*

(suite du texte page 10)



# HAVANITOS

## *Léger*




Nouveau et Léger, voici HAVANITOS Léger,
en Etui de 20 et en Coffret de 50

*moi-même, l'expliquent par une évolution rapide, en petits groupes, au moment de la formation des espèces. Cette proposition, contraire au gradualisme de Darwin, avait été pressentie par son partisan et contemporain Thomas Huxley. N'étant pas vérifiable, elle n'est pas très satisfaisante, mais elle explique les observations en l'absence d'alternative.*

*» **3.** Le passage de l'inanimé à la vie ne peut être abordé que par la vérification de sa possibilité théorique, et non de sa réalité historique ; comme, d'ailleurs, beaucoup d'autres des théories de l'évolution dans l'état actuel de la science. Ce n'est pas suffisant pour le prouver, mais ce n'est pas non plus une raison pour rejeter cette hypothèse, plus simple que l'irrationnel, qu'elle n'exclut d'ailleurs pas.*

*» En conclusion, il est clair que Lamarck, 50 ans avant Darwin, et Darwin lui-même ont découvert des éléments fondamentaux d'une théorie incomplète, mais largement confirmée dans sa dimension historique et dans certains de ses mécanismes. Depuis Buffon, des milliers de chercheurs construisent, complètent et modifient cette théorie en fonction de nouvelles données qu'elle doit intégrer.*

*» Le succès médiatique de Darwin, à qui l'on prête très injustement l'essentiel des découvertes de Lamarck, mais qui a apporté de multiples preuves et idées nouvelles, fait encore beaucoup d'envieux. Comme, avant lui, beaucoup d'autres anonymes, Denton croit se faire une réputation en écrivant l'énième livre sur le thème "Darwin a tort et j'ai raison". C'est à coup sûr tromper le public en masquant un immense débat historique et scientifique, dans lequel personne ne détient "une" insaisissable vérité. Lamarck, Wallace et Darwin ont été les premiers à proposer et vérifier un certain nombre d'idées sur la dimension historique de la vie et la complexification des êtres vivants, par transformation des espèces.*

*» Une partie essentielle de ces idées originales a été largement confirmée par des découvertes ultérieures et actuelles. D'autres restent des hypothèses ; d'autres, enfin, nous apparaissent aujourd'hui (provisoirement ?) farfelues à la lumière de découvertes modernes. Mais chacun sait que ce sont des farfelus qui font la science. »*

## Les besoins en sang

La Fédération française des donneurs de sang, bénévoles selon la juridiction française, nous rappelle que, « *chaque jour, 10 000 dons de sang sont nécessaires pour assurer les besoins des établissements de soins du pays. Plus de deux millions de malades vivent ou survivent chaque année grâce à des transfusions de sang ou de produits issus du fractionnement du sang humain, et rien jusqu'à présent ne remplace le sang... Or, depuis trois ans, le nombre de dons ne couvre plus les besoins nationaux.* »

Cette association souligne le caractère bénévole, gratuit et anonyme des dons de sang et lance une campagne pour rétablir l'indépendance de la France dans ce domaine. Nous nous y associons volontiers et prions ceux de nos lecteurs qui le peuvent de bien vouloir y répondre, afin de ne pas contraindre les autorités médicales à recourir à des achats de sang à l'étranger. Cela aboutirait à la commercialisation d'un secteur que l'éthique souhaite maintenir gratuit.

## Un lecteur désorienté

« *Qu'arrive-t-il à* Science & Vie *?* » s'étonne M. G. B., de Bourgoin-Jallieu, qui nous signale que ce verbe "réguler", dont nous déplorons l'usage au sens de "régler", figure pourtant bien dans le *Grand Larousse* en 10 volumes, dans le *Robert* et dans le *Dictionnaire d'orthographe* Hachette-Bled. Relevons qu'il ne figure toutefois pas dans le *Dictionnaire encyclopédique Larousse*, qui est pourtant passablement approfondi, et dont nous avons tiré nos exemples. Rappelons également que nous déplorons l'usage pédant, c'est-à-dire inutile, qui en est fait, tout comme les termes "initier" au sens de "commencer", "positionner", au sens approximatif de "situer" et "solutionner", au sens de "résoudre", qui émaillent tant de discours qui se veulent savants. On entend ainsi dire : « Pour roussir de petits oignons, positionnez votre poêle sur feu doux, initiez la cuisson au même gradient en remuant les bulbes et solutionnez le risque de brûlage en couvrant. »

Ce que nous défendons est la clarté de la langue, qui est fonction de sa simplicité.

Ce lecteur poursuit : « *Les ultrasons, à vous lire, engendrent des pressions soniques positives et négatives alternées, ce qui est exact, de 16 à 20 000 périodes/seconde, ce qui est faux. Les gens non avertis vont croire que ce qui est la bande passante de la plupart des chaînes hi-fi constitue la gamme des ultrasons, alors que, par définition, ces ultrasons sont hors de cette partie audible du spectre, 20 000 périodes constituant vraisemblablement une frontière limite aux possibilités humaines. Au-dessus, on a les ultrasons qui montent à plusieurs milliers de KHz, d'après le "Larousse". Les 16 périodes que vous citez sont à la limite des infrasons..."*

Notre lecteur a été abusé par le raccourci utilisé : il est pareil à celui qui est admis dans le langage courant ; quand on dit que tel objet coûte de 16 à 20 000 F, cela ne veut pas dire qu'il peut coûter 16 F aussi bien que 20 000 F, mais de 16 000 à 20 000 F. C'est bien ainsi que l'a entendu, d'ailleurs, le principal intéressé, l'inventeur Pierre Renaud, qui nous a écrit et dont nous avons publié la lettre dans notre précédent numéro. Notre lecteur a donc mal interprété la première valeur de fréquence citée entre parenthèses.

Par ailleurs, s'il est exact que 20 000 Hz ne constituent pas une limite supérieure aux ultrasons en général, il est courant d'utiliser des fréquences de 10 MHz (10 000 000 de périodes par seconde) en échographie médicale où l'on travaille dans un milieu, en l'occurrence les tissus humains, riche en eau. Cette

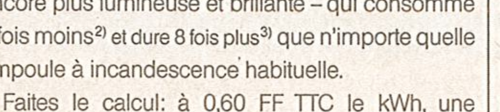
(suite du texte page 14)

# LA LAMPE OSRAM QUI SE PAIE D'ELLE-MEME.

Imaginez que vous veniez d'acheter une nouvelle voiture.

Imaginez qu'à chaque kilomètre parcouru vous vous la remboursiez grâce aux économies d'essence réalisées par rapport à votre ancienne voiture. Pour, peu à peu, vous la payer totalement et financer la prochaine. Incroyable non!

## DULUX® EL
**LAMPE ÉLECTRONIQUE ÉCONOMIQUE**



C'est pourtant - toutes proportions gardées – ce que vous garantit la dernière-née des lampes OSRAM, la DULUX® EL[1]. La plus perfectionnée des lampes fluocompactes électroniques – grâce à sa nouvelle configuration inédite «3 tubes», encore plus lumineuse et brillante – qui consomme 5 fois moins[2] et dure 8 fois plus[3] que n'importe quelle ampoule à incandescence habituelle.

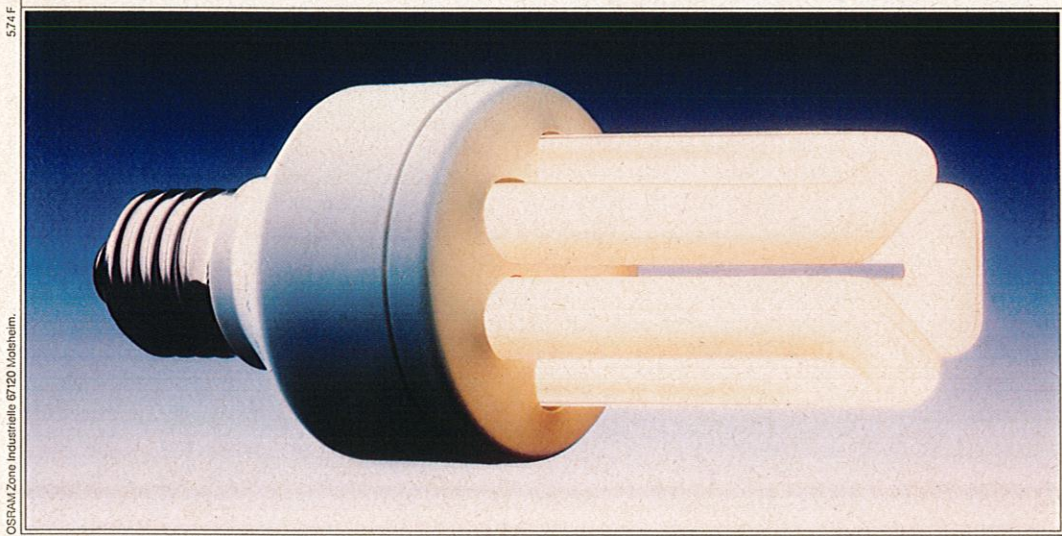
Faites le calcul: à 0,60 FF TTC le kWh, une DULUX® EL de 23 W, qui remplace une ampoule à incandescence de 120 W, se rembourse après 3000 heures environ, et se paie d'elle-même et sa suivante, grâce aux 465,60 FF d'économie d'électricité ainsi accomplie.

De quoi réfléchir, à l'heure où la chasse aux gaspis redevient une priorité nationale. D'autant qu'en plus vous contribuerez aussi à épargner notre environnement des périls écologiques liés à la production intempestive d'énergie fossile.

Sans renoncer au confort et à la simplicité d'emploi, puisque comme n'importe quelle ampoule, la DULUX® EL s'installe et s'allume instantanément[4]. Vous offrant aussi les atouts de ne plus brûler vos abat-jour, et de devenir, lorsque vous n'êtes pas là ou que vous dormez, le système de dissuasion contre les cambriolages le plus pertinent que vous puissiez trouver.

Assez de bonnes raisons qui font de son prix un investissement vraiment lumineux.

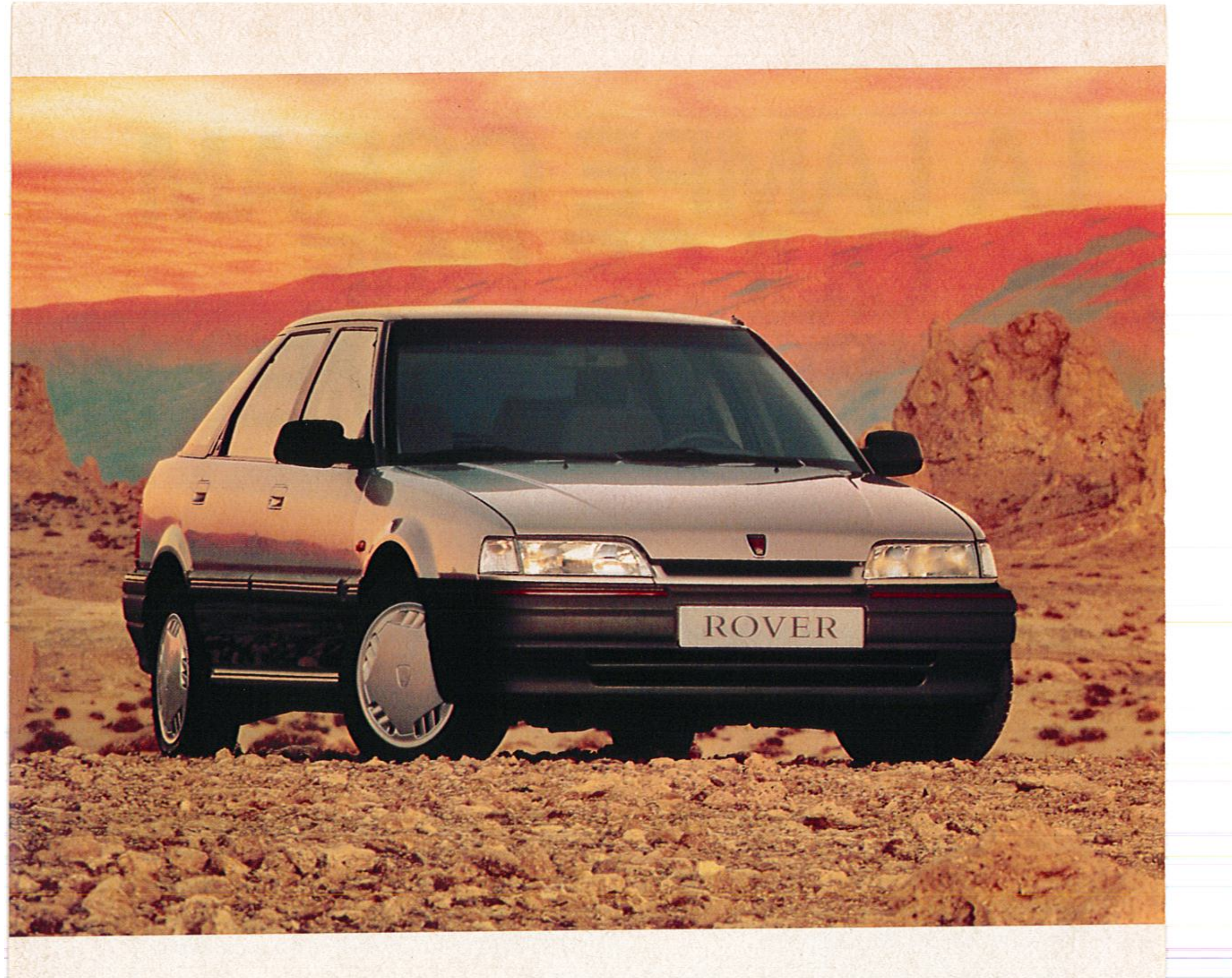
5.74 F



OSRAM Zone Industrielle 67120 Molsheim.

(1) Existe en 3 versions: Standard, GLOBE et REFLECTOR
(2) DULUX® EL 7, 11, 15, 20 et 23 W au lieu de 40, 60, 75, 100 et 120 W
(3) 8000 heures au lieu de 1000
(4) L'atteinte du flux optimum nécessite quelques secondes. Ne fonctionne pas sur gradateur.

Toute la lumière **OSRAM**




# Nouvelle Rover Série 200 16 Soupapes.

*PUNCH* & CLASSE

BSB Backer Spielvogel Bates France

ROVER

NOUVELLE GAMME ROVER SÉRIE 200 : ROVER 214 Si 16 v, 1,4 L, 95 CH CEE, 6 CV, 81 500 F. ROVER 214 GSi 16 v, 1,4 L, 95 CH CEE, 6 CV, 89 900 F. ROVER 216 GSi 16 v, 1,6 L, 115 CH CEE, 8 CV, 103 000 F. ROVER 216 GTi 16 v, 1,6 L, 2 ACT, 130 CH CEE, 9 CV, 109 000 F. ROVER 216 GTi 16 v COUPÉ, 1,6 L, 2 ACT, 130 CH CEE, 9 CV, 106 000 F. MODÈLES 91, PRIX CLÉS EN MAIN AU 03/02/91. CONSOMMATIONS L/100 KM (NORMES UTAC) : MODÈLES 214 : 5,2 A 90 KM/H, 6,6 A 120 KM/H, 8,6 EN VILLE ; MODÈLE 216 GSi : 6,5 A 90 KM/H, 8,6 A 120 KM/H, 9,6 EN VILLE ; MODÈLES 216 GTi : 6,5 A 90 KM/H, 8,5 A 120 KM/H, 9,9 EN VILLE.

ROVER FINANCEMENT.

Compacte et racée la nouvelle Rover Série 200 est une berline polyvalente, bénéficiant des plus récents développements technologiques automobiles en motorisation, tenue de route, qualité et fiabilité.

3 nouveaux moteurs multisoupapes ultramodernes en aluminium sont proposés : 1,4, 1,6 et 1,6 litre 2 ACT, de 95 à 130 ch.

Tous les modèles de la gamme Rover 200 disposent de la technologie 16 soupapes et de l'injection.

Tous les modèles de la gamme Rover 200 disposent d'une nouvelle suspension multibras très sophistiquée, 4 roues indépendantes.

Habitacle spacieux, lumineux et confortable avec finition ronce de noyer sur les versions GSi.

Garantie anticorrosion 6 ans et peinture 3 ans (pour de plus amples informations, consulter votre concessionnaire).




NOUVELLE ROVER SÉRIE 200

MODÈLE PRÉSENTÉ ROVER 214 GSi 16 v. ÉQUIPEMENTS DE SÉRIE : RONCE DE NOYER ENTOURANT L'HABITACLE, VITRES TEINTÉES, CONDAMNATION CENTRALE, 4 LÈVE-VITRES ET 2 RÉTROVISEURS ÉLECTRIQUES, SIÈGE CONDUCTEUR ET VOLANT RÉGLABLES EN HAUTEUR, BANQUETTE ARRIÈRE RABATTABLE 60/40. OPTIONS : PEINTURE MÉTALLISÉE ET SIÈGES CUIR. PRIX : 99 250 F.

POUR TOUT RENSEIGNEMENT TÉL. : 05 102 102 ET MINITEL 36.15 ROVER. ROVER CONSEILLE *Castrol*.

limite, par contre, est très rarement dépassée dès qu'il s'agit de gaz. En effet ces derniers, véritables "coussins acoustiques", deviennent très mauvais conducteurs des ultrasons au-dessus de cette fréquence. Il n'est donc pas étonnant que, dans l'application dont nous parlons, les fréquences utilisées se situent dans la plage de 16 000 à 20 000 Hz.

## La foudre en boule fait boule de neige

Beau succès de notre forum sur la foudre en boule : de nouveaux témoignages ont afflué en grand nombre. Mme C.B., de Caen, rapporte qu'avant-guerre, à Cachan : « *Lors d'un orage, mon père et moi avons vu des boules de feu de 10 à 12 cm de diamètre descendre l'une après l'autre, laissant une traînée filiforme à l'extérieur de l'appui de la fenêtre de la cuisine. Continuaient-elles jusqu'au sol ? Je ne sais, mais (...) nous nous sommes réfugiés dans le couloir.* »

M. M. H., de Maussane-lès-Alpilles, nous adresse photocopies de plusieurs pages d'un article de l'abbé Moreux, sur "La foudre, les orages, la grêle", datant de 1925, et qui rapporte plusieurs cas de foudre en boule. M. V. B., de Rambouillet, nous communique le témoignage suivant : « *Vers la fin de 1930, je naviguais sur le cargo "Daphné", de la Sté navale cannaise. Nous étions dans la Manche, il faisait nuit et un orage avait éclaté. J'étais à mon poste radio, le casque sur la tête, veillant la fréquence 500 KHz. Les parasites atmosphériques étaient forts et nombreux. Soudain, la porte de la cabine s'ouvrit, l'officier de quart entra et me dit : "J'ai eu peur pour vous !" Il raconta qu'il était dans la cabine de la passerelle lorsqu'un très vif éclair accompagné d'un coup de tonnerre illumina l'avant du bateau. Sorti de la cabine, il vit une boule de feu qui semblait glisser sur l'antenne radio tendue entre le haut du mât avant et celui du mât arrière. Un fil reliait cette antenne à mes appareils de radio. Cette boule de feu glissa jusqu'à l'extrémité de l'antenne où se trouvaient deux gros isolateurs, la séparant de la drisse qui servait à la hisser ou à la descendre.* »

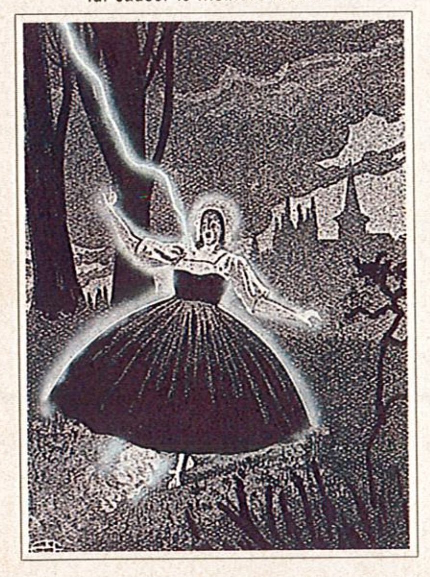
L'abbé J. V., de Bolbec, signale qu'en 1949, à Moutereau, dans l'Yonne, il vit « *une "boule" assez importante se diriger "en dansant" vers une grande cheminée, en haut de la rue de l'Institution. Elle s'y est introduite et paf ! Une très forte déflagration et la cheminée était détruite aux trois quarts.* »

M. R. H., de Dampierre-Salon, et M. et Mme. R. B., de Sore, nous communiquent aussi leurs témoignages. Celui de ces derniers est frappant et, de plus, relativement récent : « *Le 21 août 1977, à 13 h, nous étions à table pour le repas de midi, une table ronde de 110 cm de diamètre. Il faisait beau et chaud. Nous avons entendu un coup de tonnerre et, en même temps, est apparue au milieu de la table une boule de feu, couleur de l'éclair. De 20 cm de diamètre, elle a tourné sur elle-même à 20 cm environ au-dessus de la table, pendant 5 à 6 secondes, sans rien toucher, puis elle a disparu si rapidement et silencieusement que nous sommes incapables de dire où elle est partie (...) Le bruit qu'elle faisait en tournant était semblable à celui des baguettes scintillantes qu'on allume sur les arbres de Noël... Remis de nos émotions, nous avons constaté les dégâts suivants : la foudre était tombée sur plusieurs grands pins se trouvant à une centaine de mètres de la maison ; elle avait touché et suivi la ligne téléphonique qui passait au milieu de ces pins et l'avait détruite, privant tout le quartier de téléphone. Et elle était entrée dans notre maison par les fils téléphoniques passant par le grenier. Le téléphone, posé sur un meuble radio stéréo, a été complètement détruit, le cadran et le combiné avaient été éjectés. Le poste radio qui se trouvait sous le meuble a également été endommagé.* »

Tous ces témoignages, dont l'authenticité nous semble évidente, confirment la réalité d'un phénomène qui ne fait pourtant pas l'unanimité des spécialistes ; on notera qu'ils concordent entre eux, comme ceux que rapportait autrefois l'abbé Moreux : le diamètre de la boule oscille entre 10 et 20 cm. Apparemment, la foudre en boule serait, d'après les témoignages de MM. V. B. et R. B., un phénomène résiduel de la foudre ordinaire ; dans les deux témoignages, elle est, en effet, apparue après un coup de foudre primaire. Détail supplémentaire : elle peut apparaître même en dehors d'un temps d'orage.

Le sujet mérite donc plus ample examen. Et M. H., déjà cité, se félicite à la fois que le Forum soit plus étendu et qu'il ait ouvert ses colonnes à des lettres sur ce thème.

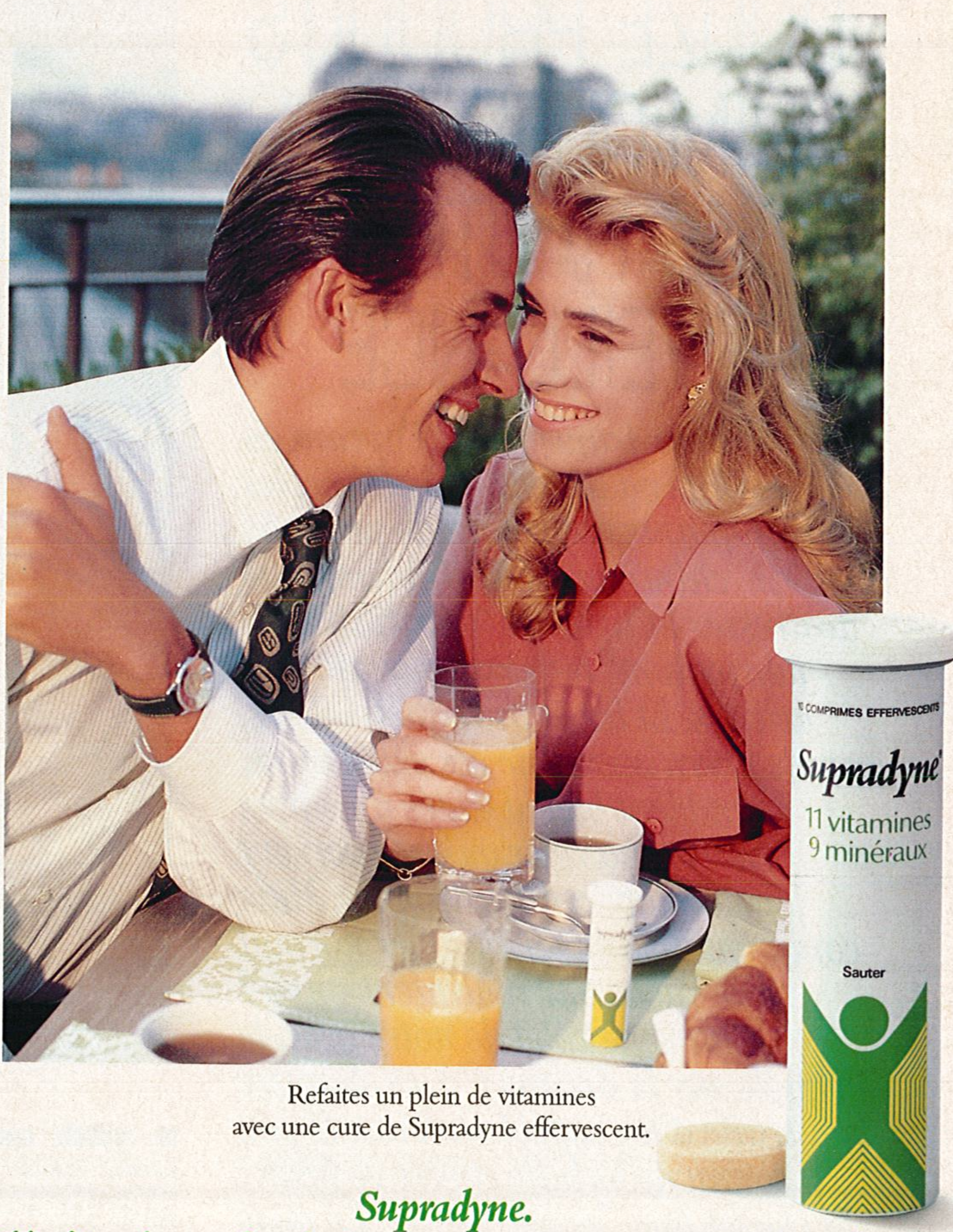
**La "foudre globulaire"**, selon Spallanzani, passa sous les jupes d'une paysanne et sortit par le corsage, sans lui causer le moindre mal...



## A nos lecteurs

Certains lecteurs nous adressent des études théoriques fondamentales sur des sujets tels que l'évolution, la relativité générale, etc., dans lesquelles ils exposent des assertions opposées à celles que soutient la communauté scientifique. C'est ainsi que M. C., de Bois-Guillaume, nous assure qu'en vertu de l'étude des forces à l'origine de l'univers, « l'archéoptéryx n'est pas l'ancêtre des oiseaux ». N'ayant pas les compétences fort étendues nécessaires à un jugement, nous ne pouvons leur répondre et leur suggérons de s'adresser aux instances scientifiques compétentes.

# Supradyne.®
# Remettez votre forme en forme !




Refaites un plein de vitamines
avec une cure de Supradyne effervescent.

## *Supradyne.*
## *11 vitamines - 9 minéraux pour retrouver votre énergie.*

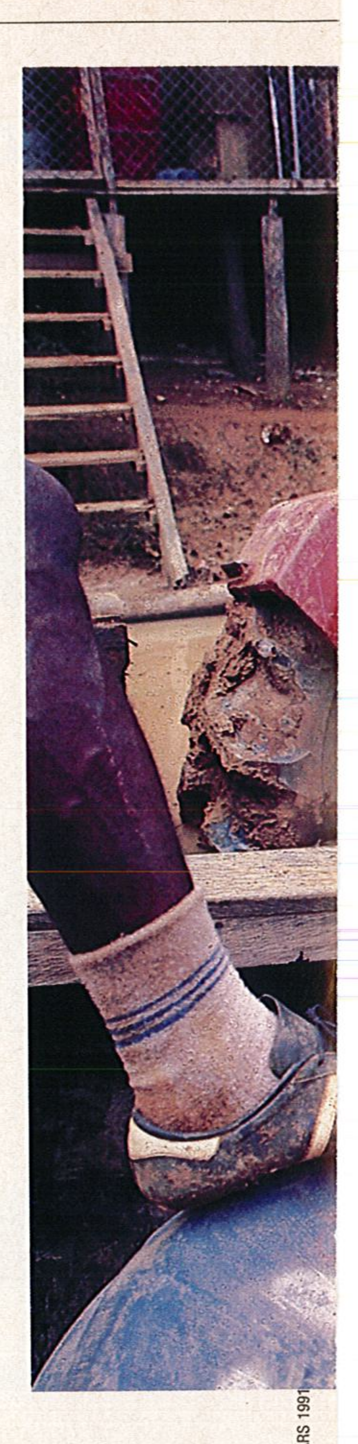
RÉSERVÉ AUX ADULTES ET AUX PLUS DE 15 ANS. CECI EST UN MÉDICAMENT. LIRE ATTENTIVEMENT LA NOTICE.

Anémone GP 340 C 492

# DROGUE (IV) : DOUZE PRODUITS CHIMIQUES SOUS HAUTE SURVEILLANCE

*Pour transformer l'opium en héroïne ou la coca en cocaïne, les trafiquants ont besoin de produits chimiques. L'ONU vient donc de dresser la liste des "auxiliaires de fabrication" les plus couramment utilisés. Et les pays industrialisés, grands fournisseurs de ces substances, semblent bien décidés à ne plus en livrer à ceux qui s'en servent pour élaborer des drogues. Mais comment distinguer l'usager normal de l'acheteur malintentionné ? Quatrième volet de notre grande enquête sur la drogue (*), ce chapitre traite d'un aspect nouveau et peu connu de la lutte contre ce fléau : la chasse aux "précurseurs". Le mois prochain : "Le parcours du toxicomane."*

PAR MARC MENNESSIER



**Un véritable casse-tête.** Surveiller le trafic des produits chimiques précurseurs des drogues est difficile. Ils sont couramment utilisés en chimie et en pharmacie et les trafiquants en utilisent de très faibles quantités.




* Le premier article de cette enquête (*Science & Vie* n° 879 p. 24) traitait de la consommation de la drogue, destructrice dans les pays consommateurs, alors qu'elle était culturelle et conviviale dans les pays producteurs traditionnels. Le second épisode (*Science & Vie* n° 880 p. 38) abordait les causes politiques et économiques qui ont présidé à l'extention de ces cultures dans de nombreux pays en voie de développement. Le troisième volet enfin, (*Science & Vie* n° 881 p. 15) faisait le point sur les politiques d'éradication et de reconversion mises en place dans ces pays.

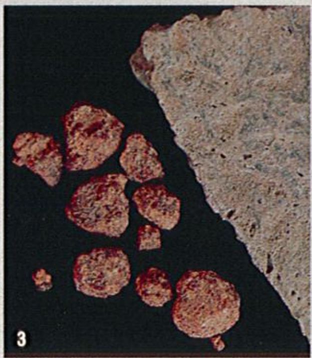
Les pays industrialisés, principaux consommateurs de drogue, ne fabriquent-ils pas eux-mêmes la corde avec laquelle ils sont en train de se faire pendre ? C'est en tout cas ce que prétendent les pays producteurs de drogue, qui aimeraient bien que les torts soient un peu mieux partagés. Leur argumentation

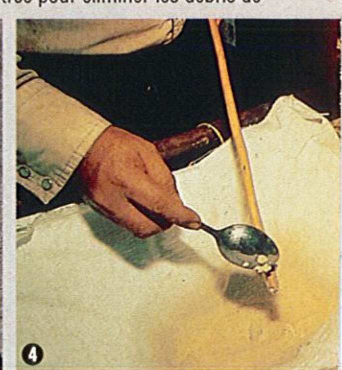


## COCAÏNE :

Les feuilles de coca contiennent entre 0,2 et 1,8 % de benzoyl-methylecgonine lévogyre mieux connue sous le nom de cocaïne. Après avoir été mises à sécher plusieurs jours sur des surfaces dallées, ces feuilles sont mélangées à du kérosène et du carbonate de calcium, de sodium ou de potassium et foulées aux pieds pendant une nuit (**1**). La cocaïne, qui est un ester, se transforme alors en carbonate de cocaïne qui se dissout dans le kérosène. La solution est ensuite filtrée pour éliminer les débris de







est la suivante : pour transformer l'opium en héroïne et la coca en cocaïne, les trafiquants ont besoin de produits chimiques. Or, qui fournit les produits en question ? Essentiellement les Etats-Unis et l'Europe. Si donc les nations industrielles, avec tous leurs moyens, ne sont pas capables de contrôler la circulation de marchandises fabriquées et vendues au grand jour, comment des pays sous-développés et sous-équipés pourraient-ils faire cesser des activités dont la première caractéristique est d'être clandestines ?

Le raisonnement se tient, en apparence du moins. Car il est spécieux de mettre sur le même pied drogues et précurseurs de drogues. Les premières sont des substances nocives et interdites, tandis que les seconds sont des produits tout ce qu'il y a de plus licites, dont les utilisations sont multiples (et le plus souvent bénéfiques) tant en chimie qu'en pharmacie. Exemple : l'acétone, précurseur de la cocaïne et de quelques autres drogues, est couramment employée dans la fabrication des peintures, des vernis, des encres, etc. On en produit chaque année dans le monde plus de 1,5 million de tonnes, alors que les laboratoires clandestins où s'élabore la cocaïne en emploient au total à peine un millier de tonnes. Soit 0,066 % du total ! Même chose pour l'anhydride acétique, principal précurseur de l'héroïne : sur une production mondiale légale de 1,7 million de tonnes, les chimistes de la "blanche" ne prélèvent guère plus de 1 500 tonnes par an (il faut en moyenne 1,5 kg d'anhydride acétique pour faire 1 kg d'héroïne). Il est donc pour le moins exagéré de dire, comme on l'entend parfois, que les pays industrialisés s'enrichissent en vendant des précurseurs aux trafiquants d'Amérique latine et du Sud-Est asiatique.

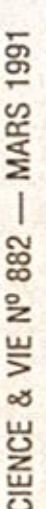
De plus, contrairement à ce que pensent les pays producteurs de drogue, les services de police des nations occidentales s'intéressent depuis longtemps aux mouvements des produits chimiques considérés comme "sensibles", c'est-à-dire susceptibles d'intervenir dans la fabrication de la drogue. C'est même en suivant à la trace des livraisons suspectes d'anhydride acétique que les limiers français de la brigade des "stups" ont réussi à démanteler, au début des années 1970, la célèbre *French Connection*.

Mieux, la surveillance des précurseurs chimiques des drogues a pris récemment un nouvel essor en s'internationalisant. La convention des Nations unies contre le trafic des stupéfiants, signée le 19 décembre 1988 et ratifiée depuis lors par plus de vingt pays, comporte en effet dans son article 12 toute une série de mesures visant à empêcher le détournement desdits produits à des fins illicites.

Ceux-ci ont été classés en deux catégories, ou,



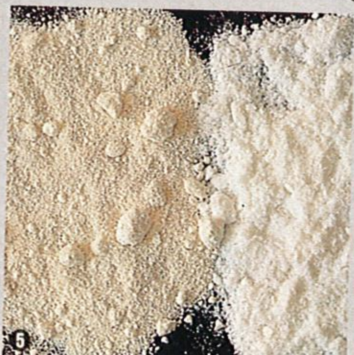




## UNE SACRÉE CUISINE

feuilles puis mélangée à de l'acide sulfurique (**2**). On obtient ainsi du sulfate de cocaïne, ou pâte base, qui précipite et se dépose au fond de la cuve. Une fois recueillie, cette pâte est mise à sécher au soleil avant d'être purifiée pour éliminer le kérosène et les autres impuretés résiduelles. Pour cela, on ajoute à nouveau de l'acide sulfurique puis du permanganate de potassium. Après filtrage, l'ensemble est mélangé à de l'ammoniaque avant d'être une nouvelle fois filtré et séché (**3**).

A partir de cette pâte purifiée, la cocaïne est isolée en versant de l'acétone ou de l'éther éthylique pour dissoudre le sulfate de cocaïne (**4**). Enfin, dernière étape, on ajoute de l'acide chlorhydrique et de l'alcool absolu qui entraînent la formation d'un précipité de chlorhydrate de cocaïne, lequel cristallise entièrement au bout de trois à quatre jours. C'est cette poudre blanche qui est commercialisée à près de 80 % vers les Etats-Unis (**5**). Pour échapper aux contrôles, les passeurs fabriquent parfois des boulettes qu'ils ingèrent ou s'enfoncent dans l'anus (**6**).


5


6

grande vigilance reste de rigueur. A preuve, la découverte l'an passé de 900 000 comprimés d'ecstasy dans un laboratoire allemand — celui-là même qui aurait aidé les Libyens à installer l'usine chimique de Rabta. Dérivé de l'amphétamine, l'ecstasy ou MDMA (méthyl-dioxy-amphétamine), fait partie des *designers drugs*, ou drogues de synthèse, qui, selon les spécialistes français de l'OCTRIS (Office central de répression du trafic illicite des stupéfiants), devraient connaître prochainement un formidable développement.

Déjà en Grande-Bretagne et en Allemagne, 45 laboratoires clandestins spécialisés dans cette activité ont été démantelés en 1989. Les "*designers*" offrent, par rapport aux drogues classiques, de multiples avantages. Ils peuvent être fabriqués n'importe où, et en particulier près des lieux de consommation : il suffit d'un local de quelques mètres carrés et d'un équipement relativement modeste. En outre, à part l'acide lysergique et la phénylacétone, les matières premières ne sont pas trop difficiles à trouver, puisqu'il s'agit en général de produits utilisés couramment en pharmacie. Enfin, il est même possible, avec les *designers*, d'échapper temporairement aux foudres de la loi. Pour cela, il suffit aux trafiquants de modifier une substance classée stupéfiant, en lui ajoutant un radical ou une fonction chimique banale, comme ce fut le cas avec l'ecstasy, dérivé de l'amphétamine. La nouvelle molécule ainsi obtenue n'étant pas visée par la législation — et pour cause, puisque précisément elle est nouvelle —, le trafiquant pourra commercialiser temporairement une drogue qui, aux yeux de la loi, n'en est pas encore une ! Jusqu'à ce qu'une rectification du législateur vienne corriger cet habile maquillage.

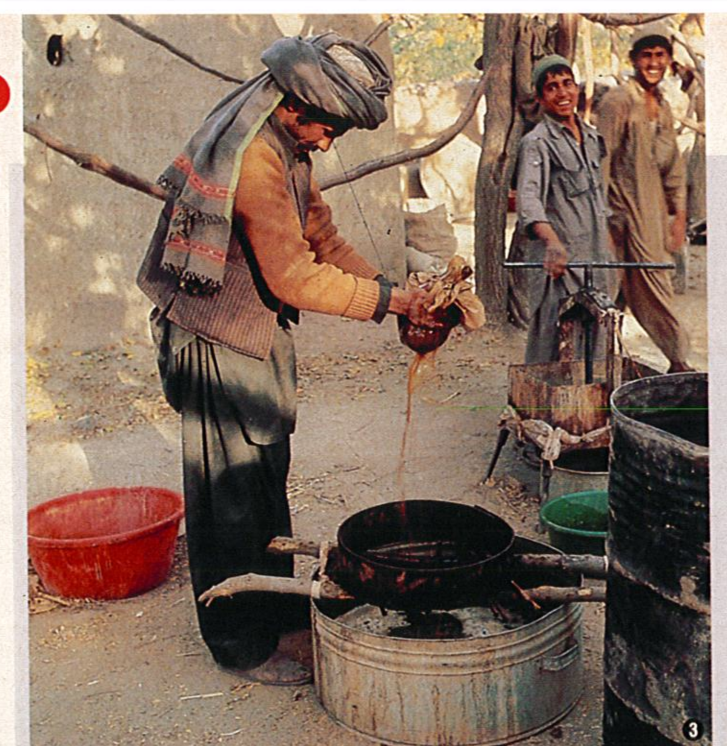
*En modifiant une substance classée stupéfiant, les trafiquants échappent temporairement à la loi*

Venons-en maintenant au tableau II. Les précurseurs qui y figurent ne sont plus des substances rares réservées au petit monde de l'industrie phar-

plus exactement, en deux tableaux. Au tableau I, figurent six substances qui, normalement, ne sont utilisées que par l'industrie pharmaceutique, mais qui peuvent aussi servir à confectionner des drogues. Il s'agit de l'acide lysergique, l'éphédrine, l'ergométrine, l'ergotamine, le phényl-1-propanone-2 et la pseudo-éphédrine.

L'acide lysergique, obtenu à partir de l'ergotamine et de l'ergométrine contenus dans un champignon parasite des céréales (l'ergot du seigle), est le précurseur direct du LSD (*Lyserg Säure Diethylamid*) ou lysergide, un hallucinogène aux effets redoutables. L'éphédrine et la pseudo-éphédrine entrent dans la fabrication de l'amphétamine et de la méthamphétamine, deux euphorisants aux propriétés proches de celles de la cocaïne. Le phényl-1-propanone-2, encore appelé P2P phénylacétone ou benzyl-méthyl-kétone, est lui aussi un précurseur de ces deux drogues.

Les six précurseurs du tableau 1 sont fabriqués en faible quantité et s'échangent généralement de laboratoire à laboratoire, ce qui, théoriquement, devrait rendre leur contrôle plus facile. De plus, en France, certaines d'entre elles, comme l'acide lysergique et la phénylacétone, sont inscrites au tableau des stupéfiants, ce qui veut dire que leur commercialisation est soumise à licence, aussi bien à l'importation qu'à l'exportation. Néanmoins, la plus



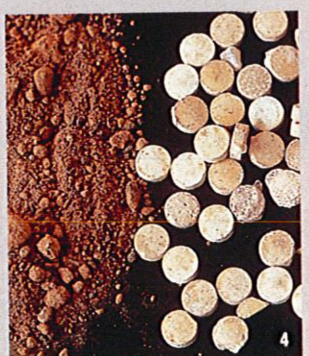
## DU PAVOT

La fabrication illicite de la morphine et de l'héroïne commence par l'extraction de l'opium du pavot de la variété *Papaverum somniferum album*. L'opium est un latex, sorte d'épais liquide blanchâtre que l'on recueille en incisant les capsules (c'est-à-dire les fruits du pavot) avec un couteau à une ou plusieurs lames (**1** — voir aussi notre précédent article). A l'air libre, il se durcit et prend une teinte noirâtre sous l'effet de l'oxydation des alcaloïdes phénoliques qu'il contient (**2**).

Mélangé à de l'eau chaude puis filtré (**3**), l'opium est soumis à une succession de réactions chimiques en milieu basique puis acide pour en extraire la morphine base. De la famille des alcaloïdes, cette dernière a la particularité d'être soluble en milieu alcalin grâce à sa fonction phénol (un radical OH, ou hydroxyl, relié à un noyau benzénique). En présence d'ammoniaque, par





maceutique, mais des produits courants, qui circulent partout et que peuvent se procurer même les particuliers. Quel bricoleur du dimanche n'a pas sur ses étagères un flacon d'acétone acheté chez le droguiste du coin ou à la grande surface voisine ? Outre l'acétone et l'anhydride acétique déjà cité, sont également inscrits au tableau II l'éther éthylique, l'acide anthranilique, l'acide phénylacétique et la pipéridine.

L'acide anthranilique est un produit largement utilisé dans la fabrication industrielle des colorants de synthèse ; mais c'est aussi le précurseur de la méthaqualone, ou Mandrax, un dépresseur faisant l'objet d'un trafic illicite intense en Inde et en Afrique orientale. L'éther éthylique, en plus de ses propriétés désinfectantes bien connues, est un solvant organique de base pour l'industrie chimique ; malheureusement, c'est aussi un élément de base pour la confection de nombreuses drogues (héroïne, cocaïne, LSD, méthaqualone, amphétamine, méthamphétamine), et elle est elle-même une drogue pure et simple pour certains toxicomanes qui l'inhalent directement. Si bien que, depuis quelque temps en France, il n'est plus disponible en pharmacie que sur ordonnance.

Même double visage pour la pipéridine : d'un côté, un solvant employé surtout dans la fabrication des résines et des caoutchoucs synthétiques ; de l'autre, un précurseur de la phencyclidine (PCP), ou "poussière d'ange" (*angel dust*), une drogue redoutable très prisée aux Etats-Unis pour ses vertus hallucinogènes et analgésiques. Enfin, l'acide phénylacétique donne la phénylacétone, un précurseur, nous l'avons vu, de l'amphétamine et de la méthamphétamine.

Pour éviter que les produits inscrits aux tableaux I et II ne soient détournés de leurs usages licites, la convention des Nations unies stipule dans son article 12 que les pays signataires s'engagent à en surveiller le commerce, en étroite liaison avec les fa-

# A L'HÉROÏNE

exemple, elle donne un sel soluble (le morphinate d'ammonium) tandis que les autres alcaloïdes contenus dans l'opium précipitent et sont éliminés par filtrage.

Le passage en milieu acide (acide chlorhydrique, acétique ou tartrique) permet ensuite de récupérer la morphine base ; l'atome d'hydrogène de l'acide venant se substituer à l'ammonium qui s'était fixé sur le radical OH. En renouvelant trois ou quatre fois ces opérations, les trafiquants arrivent à obtenir une morphine base pure à 70 ou 90 %, selon leur tour de main (**4**).

L'héroïne est ensuite fabriquée en faisant réagir la morphine base avec un réactif d'acétylation. L'andydride acétique est le plus utilisé. Les radicaux acétyl se lient avec la fonction alcool et la fonction phénol de la morphine pour former l'héroïne base (**5**). Chimiquement celle-ci est donc un diester connu également sous le nom de diacétylmorphine. Insoluble dans l'eau, l'héroïne base peut être fumée comme le font plus d'un million de drogués au Pakistan, mais n'est pas injectable par voie intraveineuse. Pour cela elle doit être préalablement transformée, par réaction avec de l'acide chlorhydrique, en chlorhydrate d'héroïne, baptisée communément héroïne. C'est sous cette forme qu'elle est vendue aux drogués d'Europe et d'Amérique du Nord (**6**). Le même procédé peut être appliqué à la morphine base pour obtenir de la morphine injectable.

Simple en apparence, la fabrication de ces deux drogues nécessite un parfait dosage des différents réactifs chimiques, ainsi qu'une excellente maîtrise des temps de réaction et des températures. Elle ne peut donc être que le fait de chimistes avertis aux intentions condamnables.



5



6

bricants, les importateurs, les exportateurs, les grossistes et les détaillants. Les uns et les autres sont invités à signaler aux autorités compétentes toute commande ou opération qui leur paraîtrait suspecte. D'autre part, les produits importés ou exportés doivent être correctement identifiés et accompagnés de documents mentionnant le nom et l'adresse de l'intermédiaire (importateur ou exportateur) ainsi que les coordonnées du destinataire. Ces documents doivent être conservés pendant deux ans et tenus à la disposition des organismes de contrôle.

Les produits du tableau I font même l'objet de mesures renforcées puisque, avant chaque transaction, les autorités du pays exportateur ont cette fois le devoir d'informer directement celles du pays importateur de la nature et du volume de la marchandise vendue, de la date de l'expédition, des noms et des adresses des transitaires et du destinataire. Enfin, les pays signataires de la Convention s'engagent à coopérer entre eux et à échanger toute information susceptible d'intéresser les services de douanes et de police.

La Communauté européenne, en raison de sa compétence dans le domaine des échanges commerciaux, a ratifié l'article 12, et les Etats membres ont accepté que la Commission de Bruxelles se charge de faire appliquer les prescriptions de la convention. Un règlement est en préparation, concernant les ventes et les achats de produits précurseurs entre les Douze et les pays tiers, ainsi qu'une directive relative aux mouvements de ces mêmes produits à l'intérieur de la CEE. Sans attendre la publication de ces textes, la France, à l'initiative du ministre du Budget, a d'ores et déjà décidé que toute exportation hors de la Communauté de produits inscrits au tableau I devrait être déclarée au Service des douanes au moins quinze jours avant la date de l'expédition.

Ces mesures seront-elles efficaces ? Sans doute, mais sont-elles suffisantes ? On constate en effet que nombre de précurseurs ne figurent pas sur les listes établies par les Nations unies. C'est dans le tableau II que les lacunes sont les plus flagrantes. Ainsi il n'y est fait mention ni de l'acide chlorhydrique, ni de l'acide sulfurique, ni de l'ammoniaque, ni du permanganate de potassium, ni même du kérosène, qui pourtant, à des degrés divers, peuvent entrer dans la fabrication de la cocaïne ou de l'héroïne. Car les procédés d'élaboration sont multiples, et les chimistes sont malins. Par exemple, pour transformer la morphine en diacétyl-morphine, c'est-à-dire en héroïne, l'anhydride acétique peut fort bien être remplacé par d'autres composés capables de four-

*Les industriels doivent signaler aux douanes et à la police les commandes et les clients suspects*

## LES ÉGOUTS DE LA DROGUE

La drogue est un plaisir qui tue. Mais on sait moins que c'est aussi un plaisir qui pollue. L'extension des champs de coca en Amérique latine a eu, ces quinze dernières années, des conséquences dramatiques pour les forêts amazoniennes. Un rapport du Département d'Etat américain, datant d'août 1990, dénonce trois grands fléaux : la déforestation et l'érosion des sols qu'elle engendre, l'usage massif de pesticides et le rejet dans les fleuves des produits chimiques toxiques utilisés dans les laboratoires clandestins de transformation de la cocaïne.

La coca aurait déjà causé la destruction de 700 000 ha de forêts tropicales, d'une grande richesse botanique et zoologique, au Pérou, en Bolivie et en Colombie. De nombreuses espèces animales et végétales auraient disparu. Les images (reproductions déjà tramée de photos satellite) que nous publions ci-contre ont été prises à cinq ans d'intervalle sur le même secteur de la vallée du haut Huallaga au Pérou. On remarque que les forêts, en rouge, ont pratiquement disparu... Au total, la cocaïne serait responsable de 90 % des déforestations réalisées dans ce pays !

Les zones déboisées ne servent pas uniquement aux cultures de drogues. Pour un hectare de plantation d'arbustes à coca, les paysans défrichent trois à quatre hectares supplémentaires destinés aux cultures vivrières (céréales, maraîchage, etc.). Des forêts sont également saccagées pour installer les villages, les laboratoires clandestins et les pistes d'atterrissage utilisées par les avions qui transportent la drogue. Enfin, lorsque les rendements diminuent, suite à l'érosion des sols, ou lorsque les champs de coca sont détruits par les forces de police, les paysans se déplacent vers d'autres secteurs qu'ils défrichent également.

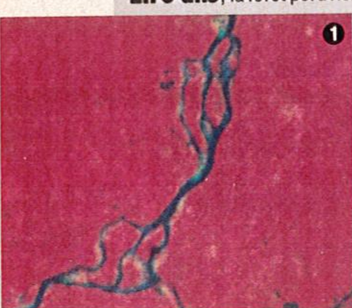
Dans ces régions tropicales, où il pleut en moyenne 2000 mm d'eau par an, les sols mis à nu sont très vulnérables. Surtout sur les pentes abruptes où les paysans ne prennent plus le temps, comme par le passé, de construire des terrasses. Si bien que les sédiments sont entraînés vers le lit des rivières, qu'ils comblent progressivement. De plus, la coca étant effeuillée trois ou quatre fois par an, le couvert végétal est insuffisant pour protéger le sol de l'impact des gouttes de pluie. D'autant que les parcelles sont régulièrement désherbées au moyen d'herbicides chimiques.

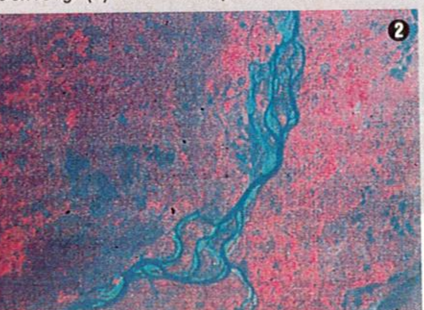
Les paysans péruviens utilisent entre 1 500 et 2 000 t d'insecticides par an pour venir à bout des nombreux parasites qui infestent leurs champs de coca. Les produits utilisés sont en majorité des carbamates (carbaryl), des organo-phosphorés (monocrotophos) et des pyréthrinoïdes de synthèse (deltamethrine). Par ailleurs, 250 à 750 t d'herbicides, essentiellement du paraquat, sont déversés chaque année pour venir à bout des mauvaises herbes. Sans compter les désherbants utilisés par l'armée et la police pour éradiquer les cultures de coca... Résultat, les sols sont saturés de poisons en tout genre, qui migrent vers les nappes et les fleuves.

Mais la pollution engendrée par les laboratoires clandestins est plus grave encore. 57 millions de litres de kérosène, 32 millions de l d'acide sulfurique, 16 000 t de chaux, 3 000 t de carbure, 6 millions de l d'acétone, 6 millions de l de toluène et 16 000 t de papier hygiénique, utilisé comme filtre, sont répandus chaque année dans les rivières des forêts péruviennes, transformées en égouts.

Pavot et cannabis ne sont pas non plus sans danger pour l'environnement. La production du second nécessite peu ou pas d'herbicides ou d'insecticides et sa transformation en haschisch se fait sans l'aide de produits chimiques. Mais en Thaïlande et en Colombie, les paysans ont défriché des milliers d'hectares de forêts tropicales pour le cultiver. Même chose avec le pavot, où la déforestation et l'implantation de laboratoires clandestins en pleine jungle causent de gros dégâts dans le Sud-Est asiatique.

**En 5 ans**, la forêt péruvienne en rouge (1) a été détruite par la culture de coca (2).





nir les radicaux acétyls nécessaires à la réaction, tels le chlorure d'acétyl ou le diacétate d'éthylidène. Or ni l'un ni l'autre ne sont inscrits au tableau II. Oubliés également l'éthanol, le méthanol et le chloroforme qui, sous certaines conditions, peuvent aisément se substituer à l'acétone ou à l'éther éthylique. Et l'on pourrait citer bien d'autres omissions !

Conscients de ces carences, les Etats-Unis ont tenté d'y remédier en portant à vingt le nombre des produits sensibles dont le commerce est étroitement surveillé par les douanes et la DEA (*Drug Enforcement Agency*). Soit bien plus que ne le propose la convention de l'ONU. Fallait-il que cette dernière aille plus loin ? Il est à craindre, en effet, qu'une réglementation trop sévère finisse par être préjudiciable aux intérêts légitimes des industriels de la chimie. D'autant que, nous l'avons vu, les contingents détournés pour la fabrication de drogues ne représentent qu'une part infime de la production mondiale des produits considérés. Pour ces raisons, les pays de la Communauté s'en tiendront vraisemblablement aux douze substances inscrites sur les tableaux I et II de la Convention de l'ONU, substances qui sont, il est vrai, les plus couramment utilisées par les trafiquants.

Si limitée soit-elle, cette mesure sera néanmoins positive, car il est essentiel qu'à l'intérieur de la CEE, les règles adoptées par les différents Etats soient harmonisées, faute de quoi, sur le plan de la concurrence, les pays les plus sourcilleux seraient injustement pénalisés.

Jean-Bernard Lartigue, président du SICOS (Syndicat des industriels de la chimie organique de synthèse) émet cependant quelques réserves : « On ne pourra jamais, estime-t-il, contrôler de façon stricte le commerce de produits aussi communs et aussi répandus que ceux du tableau II. » En revanche, les fabricants se déclarent prêts, selon lui, à signaler aux autorités toute

## DU CANNABIS AU HASCHISCH

Dans les régions méditérranéennes, le cannabis est semé au printemps et récolté à la fin de l'été. Sitôt après la fécondation, les plantes mâles ([1]) sont arrachées et jetées. Seules les plantes femelles, qui renferment les substances actives (essentiellement du THC, ou tétrahydrocannabinol), sont ramassées et mises à sécher pendant deux mois.

A ce stade, les feuilles et les sommités florales peuvent être simplement hachées ou pulvérisées, comme on fait avec le tabac (**1**).

On obtient alors l'"herbe", ou kif, ou encore, selon l'appellation américaine, la marijuana, qui contient environ 10 % de THC (**2**).

Une autre méthode consiste à battre, puis à tamiser mécaniquement et manuellement les plantes pour séparer les pailles de la résine, le haschisch, dont la teneur en THC est de l'ordre de 40 %. Vu la quantité de poussières dégagée, ces opérations nécessitent l'emploi d'une main-d'oeuvre habituée aux effets hallucinogènes du cannabis !

La résine peut alors être soit agglomérée pour fabriquer des plaques de haschich d'un kilogramme environ qui seront vendues comme telles (**3**), soit servir à l'extraction d'huile de cannabis. Dans ce cas, on mélange la résine avec de l'alcool à 90° et on la remue toutes les trois heures pendant 24 heures.

La pâte obtenue est alors compressée après avoir été placée dans des sacs en tissu suffisamment solide. L'huile recueillie est filtrée et exposée au soleil pendant environ sept heures pour faire s'évaporer l'alcool. Il ne reste plus, pour finir, qu'à la chauffer au bain-marie, pour la solidifier et la rendre commercialisable (**4**). Elle contient environ 60 % de THC.

Les graines de cannabis ne contiennent aucune substance psycho-active. Elles sont donc récupérées pour la semence ou distribuées aux oiseaux. De leur côté, les pailles sont brûlées ou réincorporées dans les sols pour servir d'amendement.

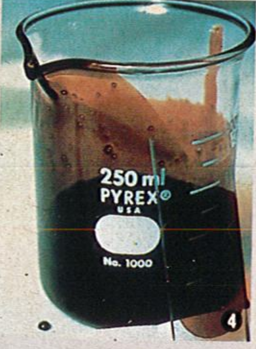
**Ahmad Zeneddine**


1


2




3



4

(1) : Le cannabis est une plante dioïque. Ses organes sexuels mâle et femelle sont portés séparément par des individus des deux sexes.

commande qui leur paraîtrait suspecte.

Rhône-Poulenc, gros producteur d'anhydride acétique, s'est déjà fixé une "éthique de vente" : « Nous ne traitons qu'avec les gens que nous connaissons. Pour toute nouvelle commande, nous exigeons de nos distributeurs qu'ils nous fournissent les nom et adresse de l'utilisateur, surtout si ce dernier se trouve dans un pays réputé producteur de drogue. En outre, toutes les commandes de produits sensibles sont régulièrement transmises à l'OCTRIS, qui peut ainsi en contrôler les tenants et aboutissants. »

Douaniers et policiers en conviennent : le maillon faible de la chaîne se situe beaucoup plus au niveau de l'acheminement, de la distribution et de la vente au détail qu'au stade de la fabrication. Les industriels et les grands laboratoires n'ont aucun intérêt à prendre des risques pour des profits aussi minimes. En revanche, en participant à la lutte contre les détournements frauduleux, ils écartent les soupçons et confortent leur image de marque. Reste qu'aucune société n'est à l'abri d'un employé véreux ou d'un responsable indélicat. La vigilance est donc de rigueur.

La situation est bien différente à l'autre bout de la chaîne, car, au fur et à mesure que l'on se rapproche des consommateurs, les conditionnements deviennent de plus en plus fragmentés.

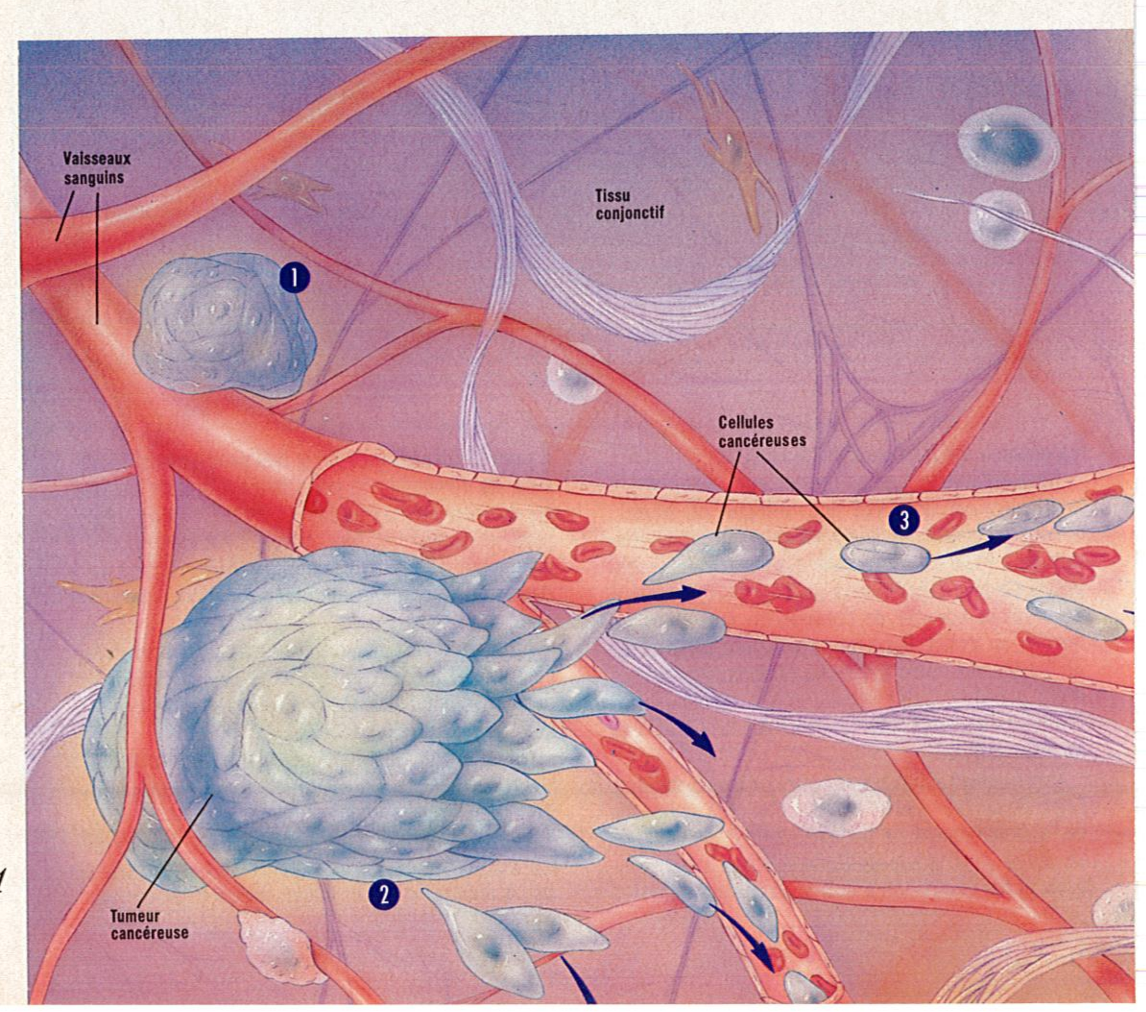
On détourne plus facilement un sac ou un bidon qu'une péniche ou un wagon-citerne. Cela dit, si un trafiquant prélève clandestinement quelques litres d'acétone sur une cargaison de plusieurs milliers de tonnes, son larcin risque fort de passer inaperçu, car, à l'heure actuelle, aucun appareil de mesure

(suite du texte p. 168)

# CANCER DU SEIN : PREMIER SOUPÇON DE LA CAUSE

PAR MARIE-FRANÇOISE LANTIÉRI

*Des chercheurs strasbourgeois ont décelé une protéine caractéristique, apparemment responsable de l'évolution maligne des tumeurs mammaires vers une forme hautement invasive et difficile à guérir. Un carcinome qui, en France, tue 10 000 femmes par an.*



On cherchait l'agent pathogène du cancer dans le corps du délit, c'est-à-dire au cœur même de la tumeur. Une équipe de biologistes français ([1]) a eu l'idée de le pourchasser dans le tissu tout à fait sain qui entoure la partie affectée. Une démarche à première vue insolite. Mais depuis une dizaine d'années, les scientifiques soupçonnent que le développement d'un cancer dans l'organe atteint n'est pas un phénomène parasite isolé. Ils pensent que la tumeur, pour arriver au stade malin, a besoin de la participation agissante d'un grand nombre de cellules saines qui l'avoisinent. Le milieu biologique environnant collaborerait même étroitement à l'œuvre pernicieuse des cellules carcinomateuses.

Cette hypothèse est maintenant largement admise par les chercheurs, mais on ne savait rien jusqu'ici du mode d'action de cette étonnante complicité des tissus bien portants avec la maladie. L'équipe strasbourgeoise vient de lever une partie du mystère, en apportant d'importantes précisions sur le fonctionnement de telles interactions dans le cas du cancer du sein.

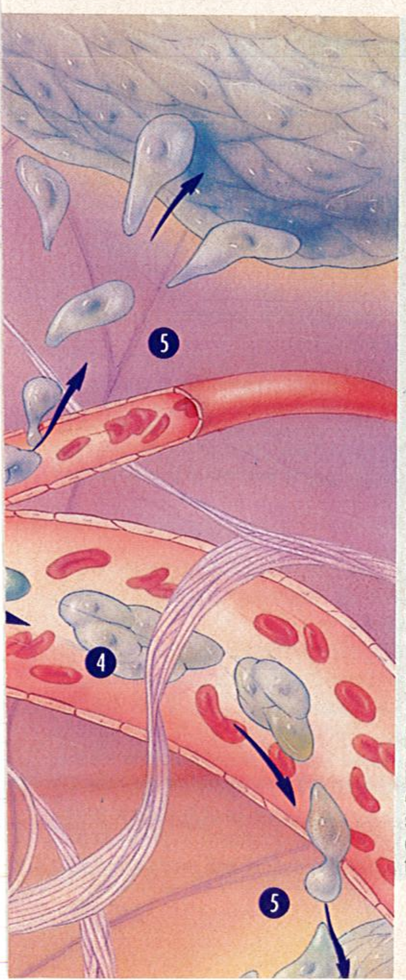
A l'origine d'une tumeur, on trouve une cellule unique, qui de toute évidence vit normalement à l'intérieur de son tissu. Et puis, pour des raisons dont certaines sont connues mais beaucoup d'autres ignorées encore, elle se métamorphose soudain en une entité délirante, dont la multiplication effrénée échappe à tout contrôle de l'organisme. Elle se divise et se reproduit à un rythme fou.

Parfois, la tumeur atteint très vite une taille macroscopique. Elle peut en quelques semaines contenir un milliard de cellules et peser jusqu'à un gramme. Le plus souvent, heureusement, il s'agit d'une crise de démence passagère, les cellules se calment et tout rentre dans l'ordre. On est alors devant une tumeur bénigne, par exemple une verrue, petit amas de cellules excédentaires. Un coup de bistouri suffit généralement à régler le problème.

Mais sous d'autres conditions, le développement de la tumeur continue, se précipite, et ses cellules monstrueuses envahissent le tissu conjonctif voisin. Certaines parviennent à se détacher, se faufilent jusqu'aux vaisseaux sanguins ou lymphatiques, s'y laissent véhiculer avant d'aborder un rivage accueillant ; il existe en effet, semble-t-il, un système de reconnaissance biochimique, une affinité entre certains tissus déterminés, qui font qu'un cancer donné essaime en des sites bien spécifiques de l'organisme (***voir dessin ci-contre***). Le cancer du sein, par exemple, peut conduire à des métastases cérébrales ou pulmonaires.

Les cellules migrantes, dites métastatiques, peuvent rester endormies plusieurs années dans leur tissu d'adoption. Lorsqu'elles se réveillent, le processus aberrant de surproduction tissulaire recommence de plus belle, provoquant la formation d'une tumeur secondaire, laquelle pourra à son tour se propager ailleurs. Voilà le cycle infernal relancé. Dans la phase terminale, des parties entières de

(1) Elle se compose, à la faculté de médecine de Strasbourg, de membres de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), sous la direction des professeurs Paul Basset et Pierre Chambon.




## COMMENT ÉVOLUE UNE TUMEUR CANCÉREUSE

Sous l'influence de certaines substances chimiques (tabac, polluants...), mais aussi, bien plus rarement, après irradiation ou infection par certains virus, des cassures peuvent se produire dans certains gènes. Généralement ces cassures sont réparées par l'organisme. Lorsque ce n'est pas le cas, les cellules touchées se multiplient en dehors de tout contrôle et prolifèrent de façon anarchique, formant une tumeur (**1**).

Celle-ci grandit, et sa croissance s'accélère après la mise en place d'un réseau vasculaire qui lui apporte le sang dont elle a besoin — c'est la tumeur qui provoque elle-même la formation de ce réseau. Elle envahit le tissu environnant (**2**) et certaines de ses cellules se détachent, franchissent la paroi du capillaire, pénètrent dans le courant sanguin (**3**). Là, des cellules tumorales peuvent s'agréger entre elles (**4**).

Lorsqu'une cellule cancéreuse atteint sa cible, elle franchit la barrière du capillaire et entre dans le tissu adjacent (**5**) où elle peut rester endormie plusieurs années. Quand elle se réveillera, elle proliférera à nouveau, provoquant la croissance d'un nouveau réseau de vaisseaux sanguins nourriciers, et fondera une nouvelle colonie tumorale.

l'organisme sont colonisées par les métastases. Ces cellules sont incapables d'assurer les fonctions normalement dévolues aux organes qu'elles infestent et asphyxient progressivement. L'issue est alors rapidement fatale.

Depuis une vingtaine d'années, on comprend mieux comment une cellule normale se transforme en sa version morbide. L'événement déclenchant est souvent une mutation, la modification accidentelle de la structure d'un ou plusieurs gènes, appelés oncogènes, responsables de la prolifération tumorale. C'est surtout ce domaine oncogénique que les scientifiques explorent aujourd'hui. Moins bien étudiée est la genèse des métastases — leur principe de formation. Voilà pourtant un problème capital, puisque la méthode d'essaimage des cellules pathologiques détermine le pronostic de la maladie. Comment, pourquoi s'élaborent les cancers secondaires ? Quel est le cheminement de la réaction en chaîne qui aboutit à une cancérisation généralisée ? De la réponse à cette question dépend notre pouvoir de maîtriser un jour le cancer. C'est précisément le sujet d'étude qu'ont choisi les chercheurs de Strasbourg.

*En produisant la protéine ST3, des cellules saines travaillent pour les cellules cancéreuses*

Trois phénomènes spécifiques caractérisent la création de métastases. D'abord, la possibilité pour la cellule métastatique de se détacher de la tumeur et de s'en aller voyager à travers l'organisme à la recherche de certains asiles de prédilection. Les cellules saines, elles, n'ont pas cette liberté de vagabondage ; normalement, elles sont tenues de rester accolées à leur tissu d'origine. Une force biologique s'oppose à leur séparation. Que les cellules tumorales se détachent et essaiment, voilà qui constitue la première des trois anomalies.

Le tissu conjonctif — le "stroma" qui forme la charpente de toute structure anatomique — est une barrière rigide entourant les organes, normalement infranchissable pour les cellules constitutives de ces organes ; or, les cellules métastatiques semblent la traverser sans difficulté. Tout se passe comme si ce tissu dur et inexpugnable se fluidifiait en présence des cellules métastatiques, et facilitait leur libre circulation vers les vaisseaux. Voilà donc une deuxième aberration grave.

Troisième point : les cellules tumorales sont grosses consommatrices d'oxygène et de nutriments divers. Elles exigent une irrigation sanguine considérable pour subvenir à leurs besoins boulimiques. Elles ont d'ailleurs la surprenante capacité d'induire la formation de nouveaux canaux sanguins, créant ainsi de toutes pièces leur propre réseau d'approvisionnement — c'est le phénomène d'"angiogenèse", typique des tumeurs malignes.

Perte d'adhésion de cellules au tissu, remaniement de la structure du stroma, angiogenèse — trois indices irréfutables qui prouvent l'interdépendance intime des cellules morbides et de leur environnement cytologique normal. Pour en savoir plus sur ces influences étranges, les scientifiques strasbourgeois se sont intéressés d'abord aux "signaux" annonçant l'accroissement de la tumeur et le passage des cellules métastatiques dans la circulation. En recherche médicale, lorsqu'on s'enquiert d'un signal — un fait avant-coureur marquant le début d'une série d'événements biologiques —, on pense tout d'abord à une protéine, substance qui exerce par excellence le rôle de catalyseur spécifique de réactions biochimiques.

Les chercheurs ont commencé par comparer l'activité cellulaire d'un adénofibrome, tumeur bénigne aussi appelée fibroadénome, à celle d'une tumeur maligne du sein. Cette analyse a mis au jour une protéine jusqu'alors ignorée, baptisée stromélysine 3 (ST3). Elle est synthétisée à outrance dans les cas de malignité. Trente tumeurs du sein ont été prélevées sur des patientes et étudiées ; la protéine ST3 abondait dans chacune d'elles, son taux se révélant

## SIGNALEMENT D'UNE MALADIE

Les autorités médicales américaines désignent officiellement les cancers comme la cause la plus importante de mortalité chez les femmes de 35 à 50 ans. Le cancer du sein est le plus courant dans cette tranche d'âge : il tue plus de 44 000 femmes par an aux Etats-Unis et près de 10 000 en France. Les moyens thérapeutiques se sont perfectionnés ces dernières décennies mais la proportion de femmes atteintes ne cesse de croître dans nos pays développés. Le mal touche aujourd'hui deux fois plus de nos concitoyennes qu'il y a quarante ans. Selon le National Cancer Institute des Etats-Unis, les cas en Amérique du Nord ont augmenté de 32 % en 5 ans.

Si le dépistage précoce explique en partie cette inquiétante progression, de nombreux scientifiques incriminent avant tout une alimentation trop riche en graisse. On constate en effet une corrélation statistique, dans tous les pays, entre ce cancer et la teneur en substances grasses du régime alimentaire moyen. Si les graisses jouent un rôle important dans cette maladie, à quel niveau le font-elles ? La surconsommation de frites ou de *milk-shakes* ne peut bien sûr être directement incriminée dans l'apparition des premières cellules cancéreuses. Les responsables seraient les hormones œstrogènes, des substances produites par les ovaires mais aussi par les cellules

énorme par rapport aux cellules de référence provenant de tumeurs bénignes.

En revanche, elle est totalement inexistante dans les lignées tumorales cultivées expérimentalement. Comment expliquer cette incroyable absence de la ST3 dans les couches de laboratoire ? La réponse paraît évidente quand on la connaît, elle relève cependant d'un raisonnement scientifique fort astucieux. Lorsque le chirurgien extrait une tumeur du corps d'un malade, il retire en même temps le tissu conjonctif qui entoure la partie maligne. La masse cellulaire ainsi collectée est hétérogène, c'est-à-dire qu'elle comprend aussi bien les cellules tumorales que les cellules saines du stroma. Par contre, les lignées obtenues en culture comportent uniquement des cellules tumorales.

Cette absence de "protéine signal" apporte une information de première importance, en même temps qu'inattendue : ce sont les cellules saines qui seules la fabriquent. La molécule incriminée n'est pas issue de la tumeur elle-même, mais du tissu bien portant qui l'environne. C'est la première fois que des chercheurs observent ce phénomène dont l'existence n'était jusqu'à présent qu'une hypothèse

La ST3, dont la découverte est une grande première, appartient à la famille protéique des métalloprotéinases, dont les membres — collagène, gélatine, fibronectine et autres — ont une aptitude notoire à altérer les composants du tissu conjonctif. Selon des travaux récents, elle est exprimée transitoirement au cours du développement embryonnaire, toujours dans des régions de l'organisme sujets à des bouleversements tissulaires majeurs. Elle est par exemple associée à la disparition des palmes inter-digitales chez l'embryon, lorsque les doigts vont s'individualiser.

Cette facilité à remodeler les tissus expliquerait son rôle dans l'évolution des cancers. Dans certaines circonstances exceptionnelles, des cellules saines produiraient la protéine ST3 qui, en modifiant la matrice extra-cellulaire — le stroma —, autoriserait la croissance des tumeurs et favoriserait l'évasion des cellules métastatiques vers d'autres tissus. Les cellules normales travaillent donc pour le compte des cellules cancéreuses. Le Bien au service du Mal.

Les tissus de notre corps n'élaborent pas tous cette molécule. Or, c'est bien au voisinage immédiat de la tumeur qu'est réalisée cette synthèse, sans

adipeuses. Plus il y a de graisses, plus il y a d'hormones, et plus grand sera le risque de voir une anodine cellule de la glande mammaire se transformer en entité cancéreuse. Toutes les graisses seraient en cause, sans restriction aucune ; graisses saturées ou insaturées, végétales ou animales.

Cependant certains scientifiques contestent cette théorie. Plusieurs expériences effectuées sur des femmes soumises à une diète en corps gras n'ont, en effet, pas pu montrer une régression claire de l'apparition des cancers du sein dans le groupe testé. D'autres facteurs sont évoqués, tels que la menstruation de plus en plus précoce, la maternité et la ménopause de plus en plus tardives et même l'absence de procréation chez un nombre grandissant de femmes. Actuellement, chez nous, une femme de 35 ans sur 6 ou 7 est touchée. Le taux de survie est de 77 % au bout de cinq ans, de 63 % au bout de dix ans.

Lorsque la chirurgie est pratiquée à temps (tumeur inférieure à 1 cm), les patientes guérissent. En revanche, si la tumeur a déjà essaimé, l'exérèse doit être accompagnée d'un traitement souvent pénible et aux résultats incertains, en général la chimiothérapie.

On comprend alors l'importance d'un dépistage précoce, la mammographie étant la seule méthode de détection efficace quand elle est convenablement pratiquée. Une étude américaine de 1987 a montré que les femmes sur qui la mammographie avait permis d'intervenir tôt dans l'évolution de la maladie avaient 82 % de chances de survie au bout de cinq ans, au lieu de 60 % pour l'ensemble de la population des malades.

Des travaux récents menés aux USA pourraient déboucher sur de nouvelles techniques, fondées sur la détermination génétique. En effet, il existerait des gènes de prédisposition au cancer du sein, lequel serait même héréditaire dans de 5 à 10 % des cas. Une analyse génétique des familles de patientes a révélé le rôle de certaines régions du chromosome 17 dans l'apparition de ce cancer, mais le gène lui-même n'a pas encore été localisé ni identifié. Lorsqu'il le sera, la médecine disposera d'un outil sûr pour reconnaître les sujets à risque.

[2]. L'ingéniosité des scientifiques de Strasbourg tient dans le choix du matériel biologique : des tumeurs directement extirpées des malades, de "vrais cancers" en somme, alors que les travaux de ce genre portent presque toujours sur des générations de cellules reproduites *in vitro*. Les chercheurs évitent en général d'utiliser des tissus "frais", en raison notamment de l'instabilité de ces matières et des problèmes d'approvisionnement.

doute en réponse à un signal biochimique lancé par les cellules cancéreuses elles-mêmes. Un tel signal ne peut opérer qu'à travers une substance protéique porteuse du message. Or, justement, les cellules du cancer du sein produisent à profusion des protéines, dites facteurs de croissance, qui remplissent une fonction extrêmement importante dans la régulation normale de la division cellulaire et du développement de l'individu. Leur rôle principal est d'ordonner aux cellules de se multiplier ou, au contraire, de cesser de se reproduire.

Les facteurs de croissance sont tous spécifiques

(suite du texte p. 164)

(2) A noter cependant qu'en 1977, dans l'indifférence générale, un groupe de chercheurs avaient déjà révélé des interactions de ce type dans certains cancers de la peau.

# IF CONTRE CANCER

***Vingt ans après avoir été mises à l'étude, les propriétés curatives d'un poison extrait de l'if sont confirmées : c'est un anticancéreux. Les essais cliniques permettront de savoir si l'extrait d'if entrera bientôt dans la panoplie des traitements.***

PAR PIERRE ROSSION

L'if, arbre ornemental de la famille des taxacées, est un redoutable toxique cellulaire, d'où son utilisation actuelle, à titre expérimental, contre la prolifération des cellules provoquée par le cancer.

La substance que les chercheurs français ont, pour partie, extraite du feuillage de l'if et, pour l'autre partie, synthétisée afin de la rendre encore plus efficace, est actuellement à l'essai en France, aux Etats-Unis et en Angleterre sur les cancers de l'ovaire, du poumon et de la peau.

La toxicité de l'if est connue depuis longtemps. Pour les Grecs, dormir à l'ombre d'un if pouvait entraîner la mort, et Pline l'Ancien rapporte que les tonneaux fabriqués en if empoisonnaient le vin. Les Gaulois utilisaient des feuilles d'if pour empoisonner les flèches. Enfin, au Moyen Age, l'if fut la cause d'un triste fait divers : des vignerons portugais avaient eu la fâcheuse idée d'utiliser des tonneaux en if pour y faire vieillir du porto. Quand celui-ci fut mis en jarres et servi dans les cabarets, les consommateurs tombèrent raides morts. Ce fut une hécatombe, car on mit longtemps avant de suspecter le bois d'if des tonneaux. En fait, sauf le tégument, ou arille, qui entoure la graine, tout est toxique dans l'if.



**Une tonne de feuilles** d'if permet d'extraire un kilogramme de désacétyl-10 baccatine III, laquelle produit 200 g du précieux médicament : le taxotère.

En 1970, le gouvernement américain chargea le National Cancer Institute (NCI) de Bethesda de mettre sur pied un programme de recherche de nouveaux anticancéreux tirés de substances naturelles. Des centaines de végétaux terrestres et d'organismes marins furent passés au crible. Parmi eux : l'if. Il était intéressant de savoir où et comment, dans l'organisme humain, sa toxicité s'exerce. En 1971, une équipe américaine, dirigée par M. E. Wall, du NCI à Bethesda, isola dans l'écorce de troncs d'ifs du Pacifique, *Taxus brevifolia*, un terpène, c'est-à-dire une forme d'hydrocarbure ; testé sur des cultures de cellules, il se révéla très toxique. On appela cette substance taxol. On l'isola aussi dans d'autres espèces d'ifs, notamment la plus commune en Europe, *Taxus baccata*.

Le Dr Susan B. Horwitz, du collège A. Einstein de médecine à New York, mit en évidence le mode d'action du taxol, toujours sur des cellules en culture. La cible du taxol est une protéine indispensable à la division cellulaire (ou mitose). Cette protéine, appelée tubuline, est normalement synthétisée au cours de la division cellulaire.

La mitose concerne toutes les cellules de l'organisme, excepté les cellules sexuelles, qui ont, elles, un mode de division spécifique. C'est grâce à la mitose qu'un être vivant peut se développer et renouveler ses vieilles cellules. La mitose dure couramment de 1 à 3 heures et se déroule en continu. Il est cependant classique, pour la commodité de la description, de distinguer quatre phases.

Au cours de la première phase (ou prophase) les contours du noyau s'estompent, tandis que la masse d'acide nucléique qu'il contient s'individualise en chromosomes (23 paires chez l'homme). Simultanément le centrosome, petit corpuscule présent dans le cytoplasme de la cellule, se dédouble en deux centrioles qui s'éloignent lentement l'un de l'autre, pour occuper les deux pôles opposés de la cellule. Puis, entre les deux centrioles, s'édifient de longs tubes effilés (ou microtubules) organisés en fuseau et constitués de la fameuse tubuline, cible du taxol. Cette protéine est synthétisée à partir d'acides aminés normalement préexistants dans la cellule.

Puis apparaît la deuxième phase (ou métaphase) au cours de laquelle les chromosomes, alors disposés dans le plan médian du fuseau et attachés chacun par leur centromère aux microtubules, se fissurent longitudinalement, pour donner deux chromosomes-fils.

Pendant la troisième phase (ou anaphase) le cliva-

**L'alliance de la nature...** La désacétyl-10 baccatine III, précurseur naturel du taxotère, est tirée du feuillage de l'if, sous forme liquide, dans des cuves, dites d'extraction, sous la surveillance de Daniel Guénard, directeur du projet.

ge de chaque chromosome s'achève : les deux chromosomes-fils se séparent et migrent, chacun de son côté, vers les deux pôles de la cellule, guidés par les microtubules, qui font office de rails.

Enfin, pendant la dernière étape (ou télophase) de la mitose, la cellule s'allonge dans sa région médiane, tandis que les chromosomes-fils se rassemblent, jusqu'à devenir indistincts. En même temps les microtubules du fuseau sont démantelés en acides aminés. La cellule finit alors par se scinder en deux nouvelles cellules-filles.

Susan Horwitz a montré que le taxol empêche la désagrégation de la tubuline. De ce fait la mitose reste bloquée en cours de parcours et les cellules meurent d'elles-mêmes. Pour cette raison le taxol est appelé "un poison du fuseau mitotique". Avec cette substance, susceptible de bloquer la multiplication

**... et de la chimie.** Françoise Guéritte-Voegelein complète, par synthèse chimique, le précurseur naturel et obtient ainsi la molécule de taxotère.



anarchique des cellules cancéreuses, on dispose d'un nouveau et très bon médicament.

Les Américains décidèrent donc, dès 1980, d'extraire de grosses quantités de taxol à partir d'écorce d'if et de procéder aux premiers essais cliniques, qui se révélèrent très prometteurs.

L'ennui est que, pour en faire un médicament commercialisable, tous les ifs de la planète ne suffiraient pas, car l'extraction de la substance à partir de l'écorce nécessite l'abattage de l'arbre. Et puis le rendement est très faible : un kilo d'écorce sèche pour recueillir 0,1 g de taxol. Récemment, aux Etats-Unis, 2 kg de taxol ont été obtenus en détruisant pas moins de 12 000 ifs de la côte Pacifique, entre la Colombie britannique et le nord de la Californie. C'est dire que les Américains fondent malgré tout de sérieux espoirs sur cette substance.

Et pourtant, si la longévité de l'if est exceptionnelle (on parle de 1 500 ans), sa croissance est très lente ; de plus, désormais surexploité, l'arbre est rare, et il ne forme pas de peuplements purs. On le trouve surtout dans les chênaies. De surcroît, l'extraction du taxol est très difficile, et sa synthèse chimique n'est actuellement pas possible : il a, en effet, une structure très complexe et, de ce fait, sa synthèse totale, à partir d'éléments chimiques simples, nécessiterait une quarantaine d'étapes successives, avec un rendement de l'ordre de 1 pour 1 000.

*12 000 ifs abattus le long du Pacifique pour extraire le produit miracle*

La France a heureusement trouvé une autre solution. Tout a débuté en 1976, lorsque le Pr Pierre Potier, directeur de l'Institut de chimie des sciences naturelles, au CNRS de Gif-sur-Yvette, demanda à deux chercheurs (Daniel Guénard et Françoise Guéritte-Voegelein, directeurs de recherche, respectivement au CNRS et à l'INSERM) de rechercher de nouveaux agents anticancéreux dans les substances naturelles, plus particulièrement dans les végétaux terrestres et les organismes marins. Avec une exigence : ces agents doivent être des poisons spécifiques du fuseau mitotique.

Nos deux chercheurs commencèrent alors par mettre au point un test de laboratoire, dit "test de la tubuline", capable de montrer l'éventuelle activité de ces agents sur les microtubules constitutifs du fuseau. Pour ce faire ils ont commencé par extraire de la tubuline à partir de cerveaux de porcs. Mais ils auraient tout aussi bien pu la prélever sur des cerveaux d'autres mammifères car tous, sans exception, en contiennent une grande quantité. Puis, ils ont purifié la substance et ils ont, par un procédé chimique classique, reconstitué, *in vitro*, les microtubules du fuseau. La méthode consiste à mettre, à 37° C, la tubuline en présence de magnésium et de guanosine triphosphate. La tubuline s'assemble alors avec ces éléments pour former des microtubules. L'éventuelle activité des agents que l'on se propose de tester est établie par leur capacité à démanteler les microtubules.

Les chercheurs de Gif-sur-Yvette prouvèrent que le taxol désorganise bien les microtubules, comme Susan Horwitz l'avait montré. Ils reprirent alors le problème à zéro. Puisque la production à grande échelle de taxol à partir de l'écorce de l'if est impossible, ils cherchèrent dans les autres parties de l'arbre des substances identiques ou voisines du taxol. Tout y passa : les aiguilles, les graines, les racines, le bois. Chacune des substances extraites de ces éléments fut ensuite soumise au test de la tubuline. Certaines d'entre elles témoignèrent d'une grande activité destructrice sur les microtubules. La plus intéressante fut extraite des aiguilles : on peut l'obtenir en quantités appréciables (jusqu'à 1 g par kg d'aiguilles fraîches) et sans provoquer de dommages aux arbres. Il suffit de prélever les aiguilles une fois par an seulement, afin de leur laisser le temps de repousser. Cette dernière substance a cependant un inconvénient : elle est cent fois moins active que le taxol. Et pour cause : ce n'est pas du taxol, mais un précurseur (désacétyl-10 baccatine III).

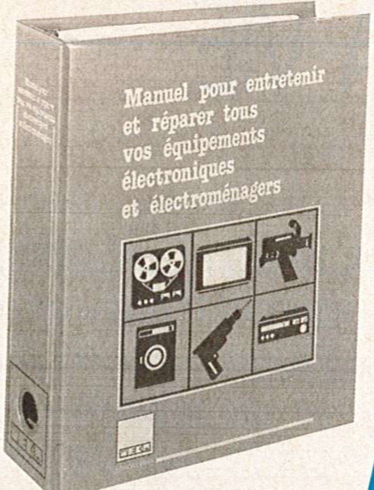
Pourquoi ne pas tenter de produire du taxol à partir de ce précurseur ? C'est relativement facile, car le précurseur se distingue seulement de la molécule complète de taxol par l'absence d'une chaîne moléculaire latérale. Il suffit donc de synthétiser cette chaîne et de la fixer au précurseur pour obtenir le taxol. Le premier à y parvenir fut Andrew Greene, un chimiste organicien, directeur de recherches à l'unité associée CNRS-université Joseph Fourier de Grenoble. Cette première a été récompensée le 16 mars dernier à Grenoble par l'attribution de la médaille d'argent du CNRS. De leur côté les chercheurs de Gif-sur-Yvette, qui étaient attelés au même travail que Greene, eurent beaucoup de chance, car en voulant synthétiser "à l'identique" la chaîne latérale manquante, ils en obtinrent une autre, légèrement différente, qui, fixée au précurseur, donna une substance que les chercheurs baptisèrent taxotère : cette substance, soumise au test de la tubuline, montra une activité destructrice sur les microtubules très intense.

Un échantillon du produit fut confié au Dr François Lavelle (du service de cancérologie de Rhône-Poulenc Santé à Vitry-sur-Seine), afin qu'il procède à des études plus approfondies. Surprise ! la molécule se révéla, *in vitro* sur des cellules tumorales en culture et *in vivo* sur la souris, bien plus efficace que le taxol naturel. On ne sait toujours pas pourquoi. Tout ce que l'on peut dire, c'est que le taxotère se dirige avec plus de sûreté sur la cible (les microtubules) et qu'il s'y accroche plus solidement que le taxol.

Dès lors tout alla très vite. Le produit fut confié il y a six mois à un hôpital parisien et, depuis un mois, à deux services de cancérologie, l'un américain, l'autre

(suite du texte page 163)

# UNE PANNE ? QUELLE PANNE ?




## Réparez vous-même vos appareils électroniques et électroménagers

### A DECOUVRIR D'URGENCE

- Notions théoriques fondamentales
- Techniques de test et de mesure
- Outillage et composants
- Répertoires des pannes et appareils
- Adresses utiles
- Entretien et dépannage : télévisions, magnétoscopes, autoradios, magnétophones, caméras, camescopes, micro-ordinateurs, téléphones, télécommandes, outillage de jardin, outillage d'atelier, aspirateurs, lave-linge, fours préparateurs culinaires, etc...

### Diagnostics fiables pour interventions faciles

Pour vos appareils les plus courants, diagnostiquez désormais à coup sûr l'origine des pannes. Notre ouvrage vous fournit un descriptif détaillé de leur fonctionnement avec **un arbre de diagnostic** répertoriant la quasi-totalité des pannes envisageables. Condensateurs, bobinages, résistances...
Des tableaux vous donnent immédiatement leurs caractéristiques. Pour chaque appareil, vous découvrez les éléments à tester, les précautions à respecter, le degré de difficulté de l'intervention. Vous savez toujours où vous allez.

### Votre encyclopédie de la réparation

Nouveaux appareils, nouvelles techniques... Grâce à sa présentation sous classeur, **le Manuel pour Entretenir et Réparer tous vos Equipements Electroniques et Electroménagers** est enrichi et actualisé par des compléments. Tous les deux mois environ, vous pourrez ainsi compléter votre ouvrage de base pour vous constituer **une véritable encyclopédie.**
Alors renvoyez vite votre bon de commande !

## GARANTIE

1 Si cet ouvrage ne correspondait pas totalement à votre attente, il vous suffirait de le renvoyer dans son emballage d'origine sous 15 jours, pour être remboursé.

2 Vous pouvez de même interrompre à tout moment les envois de compléments, ou retourner dans son emballage d'origine, tout complément qui ne vous satisferait pas dans les 15 jours suivant sa réception.

## BON DE COMMANDE

à renvoyer avec votre règlement sous enveloppe non affranchie à :
Editions WEKA, Libre Réponse n° 5, 75941 Paris Cedex 19

☐ *OUI*, envoyez-moi par retour de courrier le **Manuel pour Entretenir et Réparer tous vos Equipements Electroniques et Electroménagers.** Je choisis mon option :

*Option A*
☐ ***L'ESSENTIEL*** : l'ouvrage de base tel que présenté ci-dessus, soit un grand classeur à feuillets mobiles de 468 pages format 21 x 29,7 cm, au **prix total de 565 F TTC*** franco (Réf. : 9700).

*Option B*
☐ ***L'ENCYCLOPEDIE*** : l'ouvrage de base et 3 compléments, déjà parus, 2 volumes, 968 pages, 21x29,7 cm, au **prix total de 1 170 F TTC**** franco (Réf. : 9750).

■ **Votre service de compléments**
Quelle que soit l'option choisie, j'ai bien noté que cet ouvrage est actualisé et enrichi, (à partir du 4e complément à paraître) tous les deux mois en principe, par des compléments de 150 pages environ au **prix de 321 F TTC*** Franco le complément.

Je pourrai interrompre ce service à tout moment par simple demande et bien évidemment, je bénéficie de la garantie WEKA.

■ Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre des Editions WEKA (Envoi par avion : + 110 F par ouvrage).

NOM ..........................................
Prénom..........................................
Adresse ..........................................
..........................................
Code postal ..........................................
Ville ..........................................
Date ..........................................
Signature obligatoire

* Prix révisable en fonction de l'évolution des tarifs de nos propres fournisseurs
**offre valable jusqu'au 5.04.91

150913

# LUEURS SUR LA VIE APRÈS LA VIE

*Un film à succès, un livre qui connaît un triomphe aux Etats-Unis, tendent à faire croire, preuves "scientifiques" à l'appui, que certains "ressuscités" ont pu raconter ce qui se passe après la mort. Voici une petite mise au point.*



PAR JEAN-MICHEL BADER

Un récent film de fiction, "L'expérience interdite" ([1]) a fait un malheur aux USA, où l'attrait pour les *Near Death Experiences* (ou NDE : états proches de la mort), frise depuis quinze ans l'hystérie collective.

Le scénario, basé sur les travaux "scientifiques" du Dr Raymond Moody, philosophe et psychiatre américain, décrit les aventures d'un groupe d'étudiants en médecine de Chicago, décidés à aller voir "la vie après la vie". Certains d'entre eux s'improvisent réanimateurs et, munis d'une couverture refroidissante et d'un défibrillateur cardiaque, arrêtent et font repartir à volonté le myocarde de quelques-uns de leurs camarades, pour que ces derniers puissent "voyager", revenir, et surtout raconter leur voyage.

Rien de cela ne concernerait nos lecteurs, si un universitaire sans doute saisi par le vertige, comme Rémy Chauvin, un philosophe réputé, comme Edgar Morin, un docteur en psychologie expérimentale, comme Mario Vargolis, n'avaient montré de l'intérêt pour le phénomène. Et s'il n'existait même une association internationale, IANDS (*International Association for Near Death Studies*), dont le comité de parrainage pour la France compte Paul Chaudard (neurophysiologiste) et Maurice Abiven (médecin retraité, créateur du Service de soins palliatifs de l'hôpital de la Cité universitaire de Paris). Cette association entend d'ailleurs apporter un soutien et une aide psychologique aux personnes ayant vécu en NDE, et elle veut également "approfondir la connaissance des NDE et diffuser l'information sur ces phénomènes."

Bref : le retour à la vie après la mort devient un phénomène scientifique ! En raflant ainsi à leur barbe la NDE aux gourous et aux charlatans classiques, ces médecins et ces scientifiques espèrent-ils décrocher des budgets de recherche ? Ou accéder rapidement à la gloire médico-médiatique, tout en conférant à la NDE une respectabilité qu'elle ne mérite certes pas ?

Comme nous l'avons dit, la bible de ces nouveaux chercheurs est un livre intitulé *La vie après la vie*, écrit en 1977 par le Dr Raymond Moody ([2]), docteur en philosophie et psychiatre. Moody y rapporte la découverte qu'il pense avoir faite en interrogeant des témoins qui auraient fait un aller et retour entre la vie et la mort.

Ce passage du connu à l'inconnu se ferait en 10

---

(*) Balivernes Lamentables à l'Usage Réservé des Gogos.
(1) Déjà 10 millions de spectateurs aux Etats-Unis, soit un bénéfice pour la Tri Star Columbia de 70 millions de dollars. En France, après trois semaines d'exploitation, le film comptabilisait, au moment où nous mettons sous presse, 773 321 entrées.
(2) 10 millions d'exemplaires vendus aux Etats-Unis, 1,2 million en France (Robert Laffont éd.). Citons aussi Patrice Van Ersel, journaliste d'*Actuel*, qui a vendu 100 000 exemplaires d'un livre consacré à Moody et aux NDE.
(3) Du Service de réanimation en chirurgie cardiaque et thoracique à l'université Tufts. JAMA : *Journal of the American Medical Association.*

étapes : 1. Sortie du corps ; 2. Vue des médecins s'affairant autour du sujet pourtant inconscient ; 3. Entrée dans un tunnel sombre ; 4. Aura lumineuse au bout du tunnel ; 5. Déroulement du film de sa vie ; 6. Rencontre avec des "êtres de lumière", à moins que ce ne soit avec des défunts de la famille ; 7. Vue des portes du paradis ; 8. Interdiction signifiée au mourant de mourir ; 9. Retour dans le corps ; 10. Réveil.

Cette liste se voudrait un constat scientifique. Tout cela se passe comme si Moody et les siens disaient : "Expliquez cela autrement que par la NDE si vous le pouvez !"

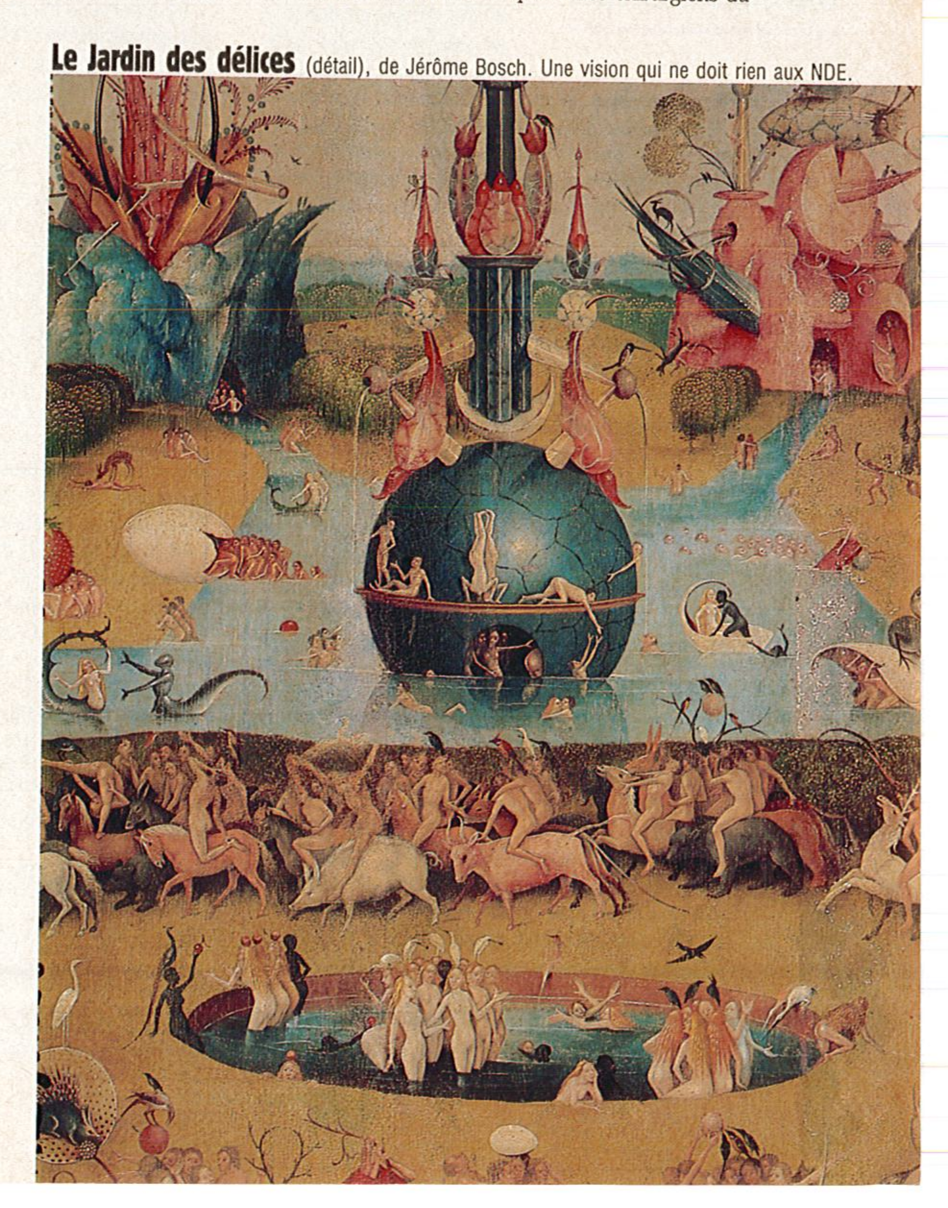
Or, rien n'est plus facile. D'abord, personne n'a encore remarqué que cet ensemble de postulats pèche gravement du point de vue sémantique. « Mourir, ou être en danger de mort, ce n'est pas être mort », comme l'a rappelé le Dr Richard Blacher ([3]), dans le JAMA, publication peu encline aux fariboles. « La mort est un état, pas un processus... On peut, par exemple, voyager en avion, des Etats-Unis vers l'Europe, mais le vol en avion n'est pas l'Europe. » Ainsi le voyageur qui part pour l'Europe, et dont l'avion fait demi-tour quelques minutes après le décollage, ne peut pas plus raconter l'Europe que celui qui revient d'un coma heureusement interrompu ne peut raconter "l'après-vie" !

Quant aux étapes décrites par Moody, et qui constituent le gros de sa documentation, elles s'expliquent de la manière la plus naturelle du monde. Passons-les en revue :

**Le sujet entend les médecins** parler de son cas, et "confirmer" qu'il est mort. Pas besoin de se référer à la NDE pour expliquer ce phénomène bien connu. De très nombreuses victimes d'un infarctus du myocarde ont ainsi rapporté avoir entendu les réanimateurs parler d'arrêt cardiaque, ou "vu" l'équipe préparer un défibrillateur pour relancer leur cœur en asystole.

D'autre part, on sait depuis vingt ans que les sujets ayant été victimes d'un arrêt cardiaque ont des difficultés psychologiques majeures, bien compréhensibles, qui les empêchent souvent d'affronter la réalité de la menace qui pèse sur eux. Rien ne les a préparés à la mort, au contraire des cancéreux ou des malades atteints d'affections plus progressives. Leurs mécanismes mentaux de protection se mettent en place pour "digérer" l'émotion considérable de cet événement. En ces circonstances, beaucoup ont les mêmes hallucinations : leur femme est hospitalisée à côté d'eux dans le service de soins intensifs, l'infirmière leur veut du mal, leur fils vient les chercher en pleine nuit... D'autres revivent leur enfermement en camp de concentration, ou sont capturés nuitamment dans les couloirs de la clinique, au cours d'une tentative de fuite, par des médecins et des infirmières diaboliques... Les chirurgiens du

**Le Jardin des délices** (détail), de Jérôme Bosch. Une vision qui ne doit rien aux NDE.



cœur ont, depuis 1972, également identifié une psychose silencieuse chez les sujets opérés à cœur ouvert, faite d'hallucinations, de confusion mentale et d'un mélange de délire paranoïaque et de fabrication mentale ([4]).

Dans d'autres cas, certains souvenirs que le malade rapporte de sa période d'inconscience sont bien réels, parce que cette inconscience, justement, a été mal évaluée. Ainsi, lorsque le curare médical a fait son apparition dans les blocs opératoires en 1942, il a remplacé d'autres médicaments utilisés pour leurs propriétés de relâchement musculaire, qui étaient doublées de propriétés anesthésiques. En diminuant les doses de ces dernières drogues, les anesthésistes ont eu alors la désagréable surprise ([5]) de s'apercevoir que nombre de leurs malades ne dormaient plus au moment même de l'opération. C'est ainsi que près de la moitié des opérés de cette époque se souvenaient de phrases entendues au cours de l'opération, ou de gestes effectués par les chirurgiens. Ils ne revenaient pas des Enfers pour autant !

*Bizarre : on n'a jamais entendu parler d'une NDE furieuse, angoissée ou névrotique*

Enfin, les anesthésistes savent qu'il existe des états limites, entre conscience perceptive et conscience éveillée, avec des gradations intermédiaires entre les deux stades si subtiles qu'on est bien incapable de les évaluer. Par exemple, au cours des tentatives de réanimation cardio-respiratoire, le massage cardiaque externe et l'insufflation de gaz frais dans les voies aériennes du sujet assurent aux cellules du cerveau la fourniture de l'oxygène nécessaire à leur survie. Dans ce cas, même à cœur non battant, rien ne s'oppose à ce que le sujet affleure par instant à la conscience. Un peu comme un plongeur en apnée refait surface pour replonger ensuite. Bien entendu, pour le prouver, il faudrait avoir le temps d'enregistrer alors l'électroencéphalogramme du patient. Mais les réanimateurs ont d'autres priorités au cours d'un arrêt cardiaque !

**Le sujet voyage à l'intérieur d'un tunnel sombre** avec une lumière au bout. Il s'agit là d'un prototype universel d'hallucination.

Ronald Siegel, chercheur à Los Angeles, a montré en 1985 ([6]) que les hallucinations des hommes sont toujours les mêmes, qu'elles soient dues à la fatigue, à la fièvre, aux crises d'épilepsie, à la prise de drogues ou à la privation sensorielle. Etudiant plus de 500 hallucinations consécutives à la prise de LSD, les chercheurs californiens ont observé que 79 % des hallucinations visuelles complexes sont semblables d'un sujet à l'autre, au point que l'on peut établir quatre catégories. Or, la troisième catégorie est justement celle des tunnels, entonnoirs, passages, cônes et vases dont les "spécialistes" de la NDE ont fait une de leurs "preuves". Rien de nouveau ou d'inattendu donc, là non plus.

De plus, le Pr Antoine Rémond ([7]), chercheur au CNRS, donne une explication très convaincante de ces hallucinations : lors d'une privation sensorielle, dans une pièce sans lumière, les photo-récepteurs de la rétine ne "s'éteignent" pas tous en même temps. Les neurones périphériques les ont captés. Or, les neurones de la rétine se "projettent" par des connexions nerveuses sur le cortex occipital à l'arrière du cerveau. Les neurones du centre de la rétine sont sur-représentés dans cette aire corticale. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que la moindre information lumineuse captée par un neurone rétinien maculaire soit amplifiée monstrueusement dans le cerveau. Résultat : une vue canalaire, tunnélique, comme dans les NDE.

De nombreux sujets ayant été en caisson d'isolation sensorielle ont expérimenté ce phénomène hallucinatoire, produit de l'illusion de nos sens trompés par une réalité tronquée, incomplète, et que le cerveau cherche à reconstruire. C'est également l'avis de Ronald Siegel : les images vues au cours des hallucinations par les sujets sous LSD sont caractérisées par la présence d'une lumière intense au centre du champ visuel, renforçant la perspective du type tunnel.

**Le sujet sort de son corps** : il s'agit là encore d'un phénomène neurologique répertorié. L'archétype culturel de la séparation de l'"âme" et du "corps" est universel. L'hallucination est décrite dans des états qui n'ont rien de mystique : après une opération, quand ils sont revenus en salle de réanimation, des patients opérés à cœur ouvert peuvent ressentir des périodes de flottement au cours desquelles ils se croient séparés de leur corps et, "détachés" d'eux-mêmes, entendent tout ce qui se dit, voient tout ce qui se passe. Wilder Penfield, spécialiste du cerveau à l'université McGill, au Canada, a réussi à reproduire à volonté ces mêmes hallucinations. Cela ne date pas d'hier. C'était en 1955. Le Dr Penfield avait implanté une électrode de 2 cm dans la profondeur du lobe temporal d'un épileptique de 33 ans. Très exactement dans la cissure de Sylvius. Et il avait fait passer un courant faible dans cette électrode. Aussitôt l'homme s'était exclamé : "Oh, je quitte mon corps !" Et pourtant, cet homme n'était ni en train de mourir, ni mort, ni ressuscité, ni

(4) "The hidden psychosis of open heart surgery", JAMA, 1972.
(5) Winterbottom, E.H. "Insufficient anesthesia", *British Medical Journal*, 1950.
(6) *Scientific American*, 1985.
(7) Le Pr Rémond est présenté par IANDS-France comme un chercheur s'intéressant aux NDE ; de son propre aveu, ce chercheur n'a jamais rien publié sur ce thème. Il s'est en revanche passionné pour l'isolation sensorielle à titre personnel.
(8) *Collier*, 1972, "Ketamine and the conscious mind anesthesia".
(9) Département de psychiatrie du centre anticancéreux du Massachusetts, Boston.

revenu des morts, ni mort-vivant...

Autre preuve que l'expérience "hors-corps" n'est pas réservée aux NDE, c'est que des médicaments ou une intoxication par des gaz peuvent déclencher cette même hallucination. Ainsi, la Kétamine, commercialisée en 1973 par les laboratoires Parke-Davis, est un anesthésique très utile chez les enfants, les brûlés, ou dans le cadre de l'urgence. Il ne provoque, en effet, aucune altération du fonctionnement du cœur ou des poumons. Malheureusement il provoque assez fréquemment des hallucinations au réveil ([8]), et en particulier des "sorties" mentales du corps.

On pourrait d'ailleurs établir pour le voyageur hors-corps un petit shopping des produits actifs : le $CO_2$ et le monoxyde de carbone (nous les déconseillons, ils donnent d'affreux maux de tête), le LSD (mais le contrôle de qualité laisse à désirer), ainsi que le peyotl, la PCP (phencyclidine) et les produits de contraste de radiologie à base de diatrizoate de méglumine (l'Amipak n'est plus commercialisé). Restent le Radiosélectan, le Telebrix, l'Hexabrix et l'Angiographine. Mais ces produits ioniques à base d'iode sont délicats (et extrêmement dangereux !) à manier !

Les exemples ne manquent pas d'hallucinations du genre NDE provoquées par l'une de ces drogues ou par d'autres. Le Dr Donna Greenberg ([9]) se souviendra longtemps par exemple de ce patient de 37 ans, victime d'un cancer cérébral qui lui causait des crises d'épilepsie. Au cours d'une scannographie cérébrale de contrôle, le médecin lui injecta de la méglumine pour opacifier les vaisseaux de son cerveau. Aussitôt, l'homme se mit à parler : il dit qu'on l'avait tué, et se mit à vérifier sans cesse la date sur sa montre. Parfaitement orienté et calme, il expliqua même que s'il était mort, il verrait sa belle-mère morte depuis peu. Toujours certain d'être mort, il déclara avoir la sensation curieuse d'être sorti de son corps, et d'être devenu ubiquitaire : il était à la fois vivant à l'hôpital et mort ailleurs. Aucun des médicaments psychotropes habituels ne fut efficace pour stopper cette hallucination. Ce ne fut que 24 heures après le début du traitement par un médicament anti-épileptique majeur que cette sensation disparut.

**Les rencontres avec des êtres lumineux.** On trouve là une curieuse contradiction. Les adultes en NDE supposée rencontrent soit des archanges "améliorés", soit des défunts de la famille qui viennent les acueillir et les rassurer. Pourquoi alors les enfants "en voyage NDE" voient-ils tout autre chose ? Ce qu'ils retrouvent au-delà, ce sont des copains d'école, ou l'institutrice ! Il est bien difficile de rejeter le soupçon de "fabrication" culturelle dans ce domaine-là. Le Dr Abiven, du comité de parrainage de l'IANDS-France, met d'ailleurs la pédale douce sur ce point. « Je ne dis pas que les gens qui ont vécu ces expériences-là ont connu la vérité (déclaration à l'hebdomadaire *Le Point*), mais ils ont vécu quelque chose. » Hélas, le Dr Abiven ne voit pas la base scientifique à donner à ces expériences "vécues" ; il ne sent pas non plus l'intérêt que cela pourrait présenter.

Pour finir, le premier étudiant en statistique expliquera qu'on peut faire dire ce qu'on veut au passé. Il est ainsi remarquable que les milliers d'histoires répertoriées par Moody et ses collègues de l'IANDS soient sereines, nimbées de calme, de joie indicible, de lumières célestes magnifiques, de musiques inouïes de délicatesse. On ne peut qu'être surpris d'une "sortie" de la vie aussi exquise pour quelqu'un qui, par exemple, succombe en hurlant sous le couteau d'un assassin... Pourquoi n'y a-t-il pas de NDE terribles, furieuses, angoissantes, névrotiques ?

La réponse est sans doute fournie par une psychanalyste parisienne, Catherine Lemaire : « Ceux qui n'ont pas vécu une NDE dans la norme imposée par l'IANDS n'ont pas intérêt à le dire ! »

La NDE n'est rien d'autre qu'une anthologie d'expériences individuelles depuis longtemps répertoriées. Et elle se fonde sur un oubli du bon sens : en effet on ne peut pas "avoir été mort". M. de La Palisse l'avait bien dit, lui qui « était encore en vie un quart d'heure avant sa mort ».

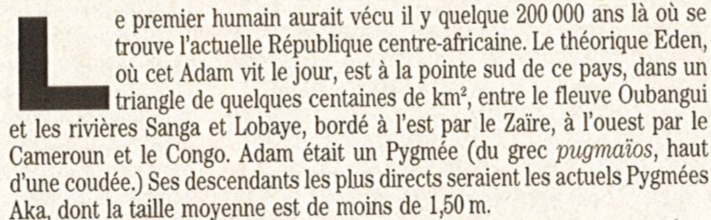
**Jean-Michel Bader**



Anthropologie

# ADAM ÉTAIT UN PYGMÉE

*On savait qu'Eve était une Africaine. L'étude statistique d'éléments chromosomiques indique que son mari, lui, était un Pygmée. L'anthropologie classique s'émeut, voire se fâche. Mais les gènes sont là...*



Le premier humain aurait vécu il y quelque 200 000 ans là où se trouve l'actuelle République centre-africaine. Le théorique Eden, où cet Adam vit le jour, est à la pointe sud de ce pays, dans un triangle de quelques centaines de km², entre le fleuve Oubangui et les rivières Sanga et Lobaye, bordé à l'est par le Zaïre, à l'ouest par le Cameroun et le Congo. Adam était un Pygmée (du grec *pugmaïos*, haut d'une coudée.) Ses descendants les plus directs seraient les actuels Pygmées Aka, dont la taille moyenne est de moins de 1,50 m.

De telles précisions peuvent sembler extravagantes. Elles correspondent pourtant aux données les plus récentes obtenues grâce à une nouvelle discipline scientifique, l'anthropologie moléculaire, qui a bouleversé bien des notions de l'anthropologie classique. C'est le Pr Gérard Lucotte, du laboratoire d'anthropologie physique du Collège de France, qui les avance. Ses recherches s'intègrent parfaitement dans le schéma tracé il y a cinq ans par les chercheurs américains. Ces derniers avaient, eux, postulé qu'Eve était une Africaine et vivait il y a environ 200 000 ans.

La biologie moléculaire a fait irruption dans l'étude de la préhistoire il y a une dizaine d'années. Auparavant, si l'on voulait sonder le passé de l'humanité, il fallait fouiller le sol à la recherche d'ossements ou d'outils, les dater tant bien que mal, et tenter d'en déduire les étapes de l'évolution humaine.

Des biologistes de l'université de Berkeley (Californie), Allan Wilson et Vincent Sarich, et un médecin britannique, J. Wainscott, d'Oxford, eurent l'idée de fouiller les cellules humaines, qui contiennent les gènes caractéristiques de l'espèce. Ces gènes, inscrits dans la molécule d'ADN, dans le noyau de chaque cellule, détiennent le code des diverses protéines qui forment un organisme, et en orchestrent le développement. On sait que ces gènes sont modifiés par recombinaisons lors de la reproduction sexuelle, mais aussi, à l'occasion, altérés par des changements accidentels, des mutations.

La théorie de l'évolution veut que les mutations favorables de gènes fonctionnels soient retenues par sélection naturelle, alors que les mutations nocives sont rejetées, car les individus qui en sont porteurs sont graduellement éliminés. Les gènes nocifs tendent ainsi à disparaître du capital génétique d'une population.

Mais l'ADN ne contient pas que des gènes opérationnels, qui commandent la fabrication de protéines. Ces derniers n'en constituent d'ailleurs qu'une petite partie, le reste étant fait de gènes qui ne sont pas fonctionnels, c'est-à-dire qui ne s'expriment pas par la synthèse de protéines. Ces gènes "oisifs", ou "anonymes", dont on ne connaît pas le rôle éventuel et qui ne semblent ni utiles ni nuisibles, sont eux aussi transmis de génération en génération, mais sans être passés au crible de la sélection naturelle, puisqu'ils n'apportent ni ne retranchent rien à l'adaptabilité de l'individu. Résultat : les mutations qui se produisent dans ces gènes-là s'accu-

ALEXANDRE DOROZYNSKI

mulent avec le temps. Leur proportion dans le génome change au fur et à mesure de l'éloignement des lignées issues du groupe fondateur.

Imaginons, par analogie, un Adam qui reste chez lui, conservant précieusement un sac de billes qui est son patrimoine génétique, et qu'il transmet à ses descendants. Au fur et à mesure que ses descendants s'éloignent de lui, il perdent des billes et en gagnent de nouvelles ; ceux qui s'en éloignent le plus en conservent à peine quelques-unes des originelles, alors que ceux qui lui restent proches détiennent encore une bonne partie de ce capital initial. En étudiant toutes les billes contenues dans les sacs des nombreux descendants de cet Adam, on peut évaluer le nombre de billes perdues ou remplacées, et tenter de connaître le contenu du sac de billes original. A condition de mener cette étude sur les gènes oisifs car eux seuls ne sont soumis qu'à l'effet du temps. Les gènes fonctionnels, eux, sont triés par le mécanisme de la selection naturelle, et les mutations nocives disparaissent.

Wilson et Sarich ont postulé que ces mutations ne se produisent pas au hasard dans le temps, mais à un taux régulier tout au long des siècles et des millénaires ; elles constituent en quelque sorte une horloge moléculaire, qui marque le temps. Plus les espèces sont éloignées les unes des autres, plus leurs gènes (les "billes") — et les protéines codées par ces gènes — sont différents. En observant les mutations qui se sont produites depuis un ancêtre commun, on peut donc évaluer le moment où une espèce a divergé d'une autre.

En remontant ainsi dans le passé, Sarich et Wilson ont conclu que les premiers hominidés ont divergé des primates simiens il y a quelque 5 millions d'années, et non pas une quinzaine de millions, comme le pensaient les anthropologistes "classiques".

Wilson, Sarich et d'autres "anthropologistes moléculaires" s'attelèrent à dater, grâce à l'horloge moléculaire, l'apparition d'une espèce encore existante d'hominidé, l'homme moderne, *Homo sapiens sapiens*, c'est-à-dire nous. Mais ce repérage se fit grâce à une horloge d'un autre genre, calibrée non pas sur l'ADN du noyau cellulaire, mais sur celui des mitochondries, petits "sacs", ou organites, situés dans les cellules et responsables de leur métabolisme énergétique. Elles sont dotées de leur propre ADN, appelé ADN-m.

Une des particularités des mitochondries est que leur message génétique est transmis par la mère uniquement, et non par les deux parents, tout simplement parce que l'ovule est bourré de mitochondries, alors que le spermatozoïde n'en contient pratiquement pas. Ainsi, alors que chez un enfant, garçon ou fille, l'ADN du noyau cellulaire est une combinaison d'ADN maternel et paternel, mélangés au moment de la fécondation, l'ADN des mitochondries, transmis par l'ovule, n'est pas recombiné avec de l'ADN paternel. Chez un enfant, garçon ou fille, l'ADN-m est donc le même que celui de sa mère, de sa grand-mère etc. L'intérêt des mitochondries pour le calibrage d'une horloge moléculaire, c'est que leur ADN-m est plus constant d'une génération à l'autre que l'ADN des cellules, qui est un mélange des ADN de ses deux parents. Les seules différences dans l'ADN-m de différentes générations n'est dû qu'aux mutations, lesquelles sont ainsi beaucoup plus faciles à suivre dans le temps.

De fait, en étudiant l'ADN-m de plusieurs espèces de mammifères, Wilson établit qu'il mute à un taux régulier, de telle sorte que 2 à 4 % de son contenu changent chaque million d'années. Ensuite, il compara l'ADN mitochondrial, non plus de différentes espèces, mais de différentes populations d'une même espèce — en l'occurrence, l'espèce humaine — pour tenter d'évaluer la distance génétique entre elles ; ainsi pouvait-il "remonter" vers un hypothétique fondateur.

*Il n'existerait pas, dans le monde entier, un seul être humain qui ne soit issu de l'Eve noire.*

Ces travaux aboutirent il y a cinq ans, après la comparaison de l'ADN mitochondrial de centaines d'échantillons de populations des cinq continents. Wilson en déduisit que l'humanité était descendue d'un ancêtre commun africain. Pourquoi ? Tout simplement parce que la lignée africaine est très différente des autres, c'est-à-dire très éloignée ; on la reconnaît à ses caractéristiques uniques ([1]). L'étude statistique montre que cette lignée est très vraisemblablement la souche (le premier sac de billes) à partir de laquelle toutes les autres populations auraient divergé.

Les anthropologistes "classiques" n'avaient rien à redire à cette origine africaine, puisque la plupart des découvertes d'hominidés les plus anciens ont été faites sur ce continent. Mais là où le bât blessait, c'était dans la datation proposée par Wilson pour l'origine de l'humanité moderne, la mère universelle, baptisée l'"Eve noire". Selon Wilson, elle aurait vécu il y a quelque 200 000 ans.

Du coup, de nombreux fossiles exhibés dans les musées devenaient suspects : étaient-ils vraiment ceux de nos ancêtres, ou les reliques d'un autre embranchement de primates hominidés disparus sans descendance ? La notion, soutenue par de nombreux anthropologistes, que l'humanité s'était développée indépendamment dans diverses régions du monde était, elle aussi, remise en cause. Personne parmi les "classiques" ne pouvait véritablement prouver qu'il existait de par le monde un être humain qui ne fût pas issu de la lignée de l'Eve noire de Wilson.

A vrai dire, les "moléculaires" non plus ne pouvaient prouver de façon irréfutable l'existence d'une Eve noire. Mais de nombreuses données soutiennent l'hypothèse Wilson. Les fossiles humains (*Homo sapiens*) les plus anciens ont été découverts en Afrique du Sud, et les méthodes de datation les plus fiables les situent entre −130 000 et −80 000 ans, c'est-à-dire une quarantaine de milliers d'années avant les premiers fossiles découvert en Europe et en Asie.

L'"Eve noire" fut l'occasion de discussions nombreuses et parfois acerbes. Ainsi, l'anthropologiste Milford Wolpoff, de l'université du Michigan, n'hésitait pas à mentionner Wilson comme étant l'"ennemi public numéro un". Pour Wolpoff, l'ancêtre commun de l'humanité moderne aurait vécu il y a 1 million d'années, et non 200 000. Wolpoff est un des chefs de file de ceux qui maintiennent que les groupes humains existant aujourd'hui ne sont pas tous issus d'une souche africaine unique (Eve), mais de souches différentes d'hominidés qui avaient déjà essaimé de par le monde. Survient alors le Pr Lucotte, qui va donner à l'Eve noire son Adam Pygmée. Comment ?

*Les fossiles humains les plus anciens ont été découverts en Afrique du Sud*

L'existence de l'Eve noire, rappelons-le, est fondée sur l'étude des gènes de mitochondries, gènes transmis par les mères aux filles. Le Pr Lucotte, lui, a choisi d'étudier un chromosome qui est transmis de père à fils : le chromosome Y, celui dont la présence dans le génome d'un œuf après fécondation détermine le sexe masculin, puisque l'individu mâle de notre espèce détient, parmi les 46 chromosomes de son ADN, un chromosome Y et un chromosome X, alors que la femme est dotée de deux chromosomes X.

Mais pourquoi le Pr Lucotte est-il revenu à l'ADN, alors que nous venons de voir que celui-ci est beaucoup modifié d'une génération à l'autre par les échanges entre chromosomes mâle et femelle, et non uniquement par les mutations ? Parce que, justement, seule une toute petite portion du chromosome Y se prête à des échanges occasionnels de gènes avec un chromosome X maternel. Pour le reste, le chromosome Y est transmis pratiquement inchangé (sauf mutations) de père en fils. Des mutations nouvelles peuvent donc s'y accumuler. Ainsi, alors que l'ADN mitochondrial nous informe sur notre généalogie maternelle, l'ADN du chromosome Y est un traceur de l'hérédité par la lignée mâle.

Le Pr Lucotte a étudié une quantité de portions du chromosome Y (provenant de la "banque du chromosome Y" créée à l'Institut Pasteur de Paris par le Dr Jean Weissenbach) pour tenter d'y identifier des séquences d'ADN, dites polymorphes, parce qu'elles peuvent comporter des gènes différents d'un individu à l'autre. Il a ainsi identifié une famille de séquences polymorphes non codantes (c'est-à-dire qui ne commandent pas la fabrication de protéines), qui échappent donc au mécanisme de la sélection naturelle, et pense s'en servir comme horloge moléculaire.

Le Pr Lucotte a ensuite repéré de telles séquences dans des échantillons de tissus de populations de tous les continents. Grâce à un modèle mathématique élaboré par le Pr Serge Hazout, du Laboratoire de recherche en biomathématiques et biostatistiques de l'université Paris VII, il a identifié dans ces séquences une combinaison de gènes à partir de laquelle toutes les autres auraient pu dériver par mutations successives. Cette séquence, dite H-XIII, est particulièrement fréquente dans la population des Pygmées Aka, du sud de la République de Centre-Afrique. « Il nous semble très remarquable de constater, dit Lucotte, que les Pygmées, vraisemblablement les premiers habitants connus du continent africain, (avec les Bochimans d'Afrique du Sud) présentent une prépondérance numérique nette de de la séquence H-XIII, désignée par nos calculs comme séquence ancestrale ».

Tout aussi remarquable est le résultat d'une autre étude où Lucotte a comparé des gènes du chromosome Y humain avec ceux du même chromosome chez des singes anthropoïdes. Elle montre que les composantes de cette séquence se retrouvent pratiquement telles quelles chez le chimpanzé, le primate les plus proche de l'homme ; on savait que le chimpanzé et l'homme ont environ 99 % de leurs gènes semblables, et on pense que l'homme et le chimpanzé auraient divergé d'un ancêtre commun il y a quelque 5 millions d'années. On ne sait d'ailleurs pas si cet ancêtre commun était plutôt simien ou plutôt hominien, incertitude qui a incité quelques anthropologistes à suggérer, fort sérieusement, que le chimpanzé descend peut-être de l'homme...

Le travaux de Lucotte ajoutent donc de l'eau à un moulin dont le grincement a déjà passablement irrité les anthropologistes "classiques". Dans un bilan de ses recherches (2), Lucotte observe que « le modèle qui semble désormais prévaloir, malgré des résistances parmi certains paléontologistes, est celui qui consiste à admettre que les hommes modernes ont pris naissance en une aire focale africaine relativement circonscrite et se sont par la suite propagés rapidement à partir de ce point pour enva-

(suite du texte page 164)

(1) La raison de cette différence aurait pu provenir du fait qu'elle a été isolée géographiquement suffisamment longtemps pour que les écarts se creusent. Mais il se trouve que les conclusions dues à l'horloge moléculaire sont corroborées par les découvertes paléontologiques.

(2) *Introduction à l'anthropologie moléculaire ; Eve était noire.* Par Gérard Lucotte, Editions Lavoisier - Techniques et Documentation, 108 p., 160 F.

**UNE OFFRE EXCEPTIONNELLE AVEC 2 CADEAUX !**

# Découvrez l'origine de votre nom et l'histoire de vos ancêtres...




Avec ces 2 ouvrages, vous recevrez en cadeau cet arbre généalogique grand format 39 x 50 cm, imprimé en 5 couleurs.

## Deux ouvrages passionnants pour découvrir le passé de votre famille

L'histoire de notre famille nous est rarement connue au-delà de nos arrière-grands-parents. Pourtant, cette histoire est parfois **extraordinaire !** Découvrez-la en remontant de génération en génération. Retrouvez le passé, le berceau, les métiers de vos ancêtres et l'origine de votre nom avec toutes les altérations qu'il a sans doute subies. Ces deux ouvrages vous invitent à une aventure exaltante. Vous allez connaître les méthodes et pouvoir utiliser tous les "trucs" des spécialistes pour mener, vous-même, **une passionnante "chasse aux ancêtres"**, aussi bien en France qu'à l'étranger, pour constituer votre arbre généalogique. Grâce à cette offre exceptionnelle, vous pouvez vous offrir ces deux volumes – **reliés et illustrés** – à un prix dérisoire en bénéficiant, en plus, de **deux importants cadeaux** destinés à vous faire apprécier la qualité des livres édités par François Beauval et les prix étonnants que permet la vente en direct de l'éditeur. Ne serait-ce que par curiosité, profitez du coupon ci-dessous. ■

**VOTRE 2ème CADEAU**

1. LA GUERRE D'ALGÉRIE
2. PERSONNAGES MAUDITS DE L'HISTOIRE
3. LA CHAMBRE DES DAMES
4. JULES VERNE : LE TOUR DU MONDE EN 80 JOURS

**En profitant du bon ci-contre, vous recevrez un deuxième cadeau. Indiquez simplement le n° de l'ouvrage que vous voulez recevoir absolument gratuitement. GARANTIE : ces deux cadeaux vous resteront acquis même si vous renvoyez votre commande dans les 10 jours pour être intégralement remboursé(e) ! Vite, profitez-en...**

**ÉDITIONS FRANÇOIS BEAUVAL**
**60, RUE ST ANDRÉ DES ARTS - 75006 PARIS**

## BON DE COMMANDE AVEC LES 2 CADEAUX

**à envoyer à François Beauval 75283 Paris Cedex 06**

*Je désire profiter de votre offre exceptionnelle me donnant droit à 2 cadeaux. Envoyez-moi "L'Histoire de vos ancêtres" en 2 volumes reliés et illustrés au prix exceptionnel de 89,70 F + 14,80 F de participation aux frais de port ainsi que le grand arbre généalogique et le livre en CADEAUX GRATUITS.*
*GARANTIE : Il est bien entendu que si je n'étais pas totalement satisfait, il me suffirait de vous renvoyer ces 2 volumes dans les 10 jours pour être intégralement remboursé(e) mais les deux cadeaux me resteraient acquis. Je joins mon paiement de 104,50 F par chèque ☐ bancaire ☐ postal.*

N° DU VOLUME CHOISI EN 2e CADEAU ☐ — ROR/SV

M./MME/MLLE ______ PRÉNOM ______

ADRESSE ______

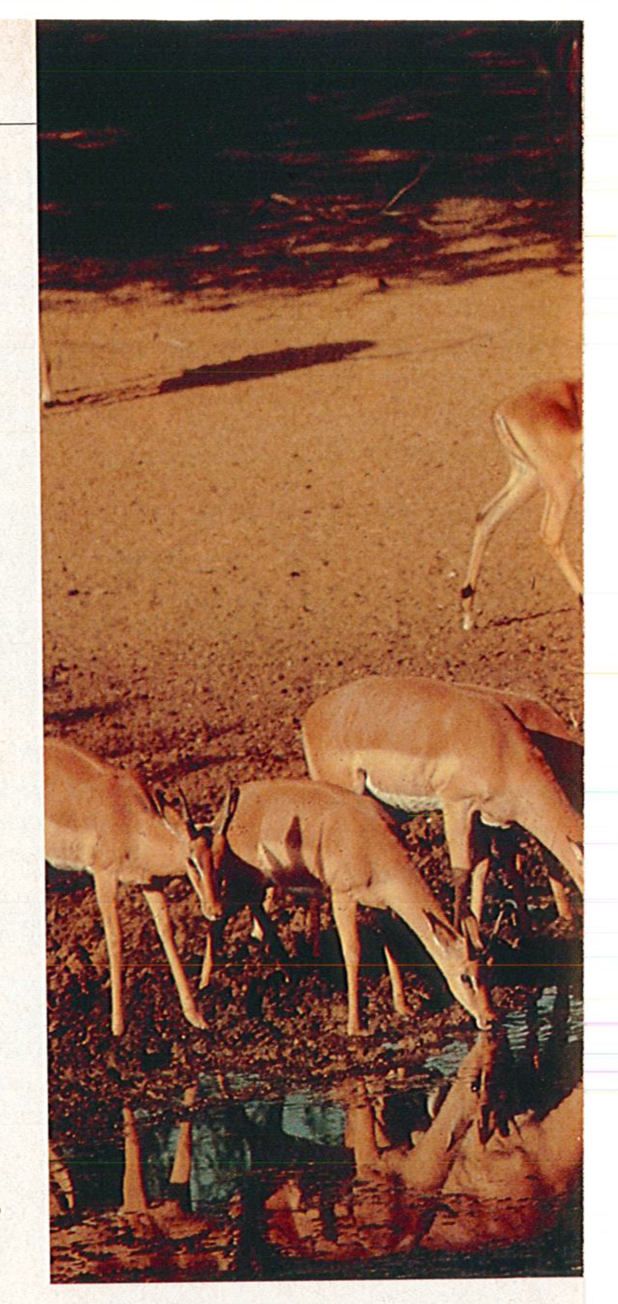
CODE POSTAL ______ LOCALITÉ ______

DATE ______ SIGNATURE* ______

* Si vous êtes mineur(e), signature d'un parent.

# L'ANTILOPE AU GIGOT D'OR

*500 millions d'hommes souffrent encore de malnutrition malgré les promesses de la "révolution verte" des années 1960 qui devait mettre les biotechnologies au service des pays sous-développés. Les experts et les scientifiques se tournent donc vers une nouvelle solution : exploiter la faune sauvage afin de nourrir les populations.*





**Tout est bon** pour alimenter les étals. Ces chauves-souris seront grillées à la broche, et l'antilope sauvage remplacera bientôt le bœuf.

Mort ou vif, un éléphant rapporte des milliers de dollars au Kenya, au Zimbabwe, à la Tanzanie ou à l'Afrique du Sud. Entre les safaris photographiques et les chasses organisées, l'exploitation de la faune sauvage est d'autant plus rentable qu'elle crée dans son sillage toute une série d'industries : tannage des peaux, taxidermie, sans parler du commerce d'animaux vivants vendus aux zoos du monde entier. Cela semble être aujourd'hui le prix à payer pour conserver la faune des pays africains. En effet, les gouverne-



ments investissaient auparavant 100 à 1 000 fois plus d'argent dans l'élevage domestique traditionnel que dans la préservation de la faune sauvage. Tout a changé quand on s'est avisé que le tourisme pouvait rapporter presque autant que l'agriculture, comme c'est le cas au Kenya et en Tanzanie.

Mais une Land Rover chargée d'amateurs d'exotisme nourrit-elle les populations locales ? Indirectement oui, comme en témoignent les éleveurs massaïs du parc national d'Amboseli, au Kenya. Au nombre de 6 000, ils entretiennent tant bien que mal un cheptel de 50 000 zébus et 20 000 petits ruminants. Mais lorsque l'un d'entre eux est employé à l'année comme guide de chasse pour pister les lions, son salaire est équivalent à la vente de 30 000 zébus ou 6 400 bœufs ! De plus, il n'y a pas d'activité touristique sans conservation de la faune sauvage ; contrairement à ce qu'on dit un peu facilement, le tourisme entretient bien la faune. Le patrimoine animal est donc géré par une nouvelle race d'éleveurs, adeptes du *game ranching*, technique qui met la nature au service de l'homme. En effet, la croissance naturelle d'une population animale dans un habitat donné (savanes ou forêts) suit une courbe en forme de "S" aplati : une sigmoïde. Au départ, les bêtes se reproduisent rapidement pour atteindre, en quelques années, une population maximale, le plus souvent déterminée par la quantité de nourriture disponible sur le territoire. Au-delà de ce palier, le rythme de reproduction assure simple-

ment le remplacement des morts par les nouveau-nés. Toute l'astuce du *game ranching* consiste à tuer suffisamment d'animaux (toutes espèces confondues) pour maintenir la population (donc la pente de la courbe) dans sa phase de croissance, sans pour autant atteindre l'équilibre du palier. Des commandos nocturnes sont donc lancés dans les parcs pour abattre les animaux.

Si la méthode peut choquer les âmes sensibles, elle aboutit pourtant à des résultats économiques inespérés. Au Zimbabwe, la consommation de viande de faune sauvage dépasse celle du bétail domestique. De plus, comme le *game ranching* est associé au tourisme cynégétique, c'est-à-dire lié à la chasse, les gains par animal sont impressionnants. Le propriétaire du ranch détermine à l'avance les animaux à abattre (de vieux mâles) qu'il facture au prix fort aux chasseurs de trophées. Pour participer à un safari de 21 jours en Tanzanie, le chasseur devra débourser 19 174,70 dollars (environ 100 000 F) de droit d'entrée. Durant cette campagne de chasse, il pourra tuer les 5 plus prestigieux animaux sauvages de l'Afrique, en déboursant 1 405 dollars (7 000 F) pour un éléphant, 700 dollars (3 500 F) pour un lion ou pour un léopard, et enfin 270 dollars (1 350 F) pour un hippopotame. Ce carnage organisé peut rapporter jusqu'à 87 millions de dollars par an, soit 435 millions de francs, selon les chiffres communiqués par la Tanzania Wildlife Corporation, entreprise fondée en 1984 pour s'occuper du commerce des animaux, au colloque international d'Harare (Zimbabwe) sur les perspectives économiques de la gestion de la faune sauvage [1]. Mais la création de ces ranchs impose le déplacement des villageois pour éviter le braconnage. Tel fut le cas des peuplades shangaans de Mayenye, expulsées du parc national de Gonarezhou, au Zimbabwe. De plus, ce type d'entreprise reste encore l'apanage d'une minorité : au Zimbabwe, 28 % des meilleures terres sont sous le contrôle de 4 000 propriétaires blancs.

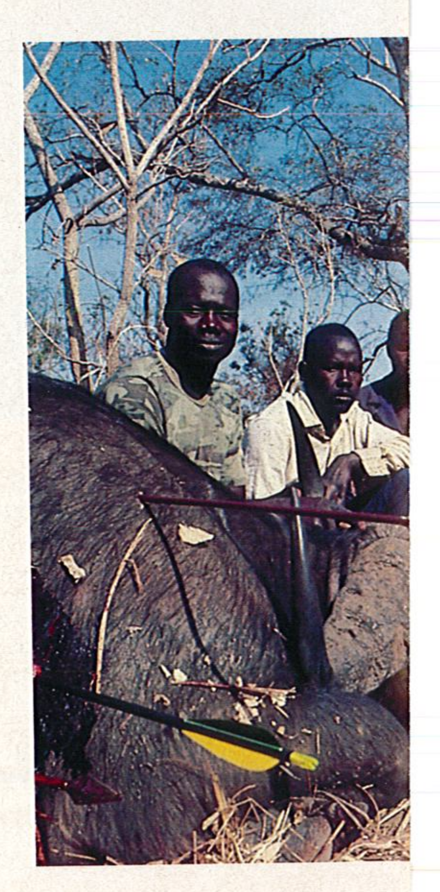
Cependant, après 20 ans d'expérience, l'exploitation de la faune sauvage s'oriente vers une redistribution des terres à la population locale, qui repose sur le programme Campfire (**voir encadré ci-dessous**). Par ailleurs, le *game ranching* organise la production de viande de gibier afin d'approvisionner le marché africain, et pour cause : ce gibier fait partie intégrante de la ration alimentaire journalière,

(1) Symposium international et conférence, gestion de la faune en Afrique sub-saharienne ; perspectives économiques et contribution au développement rural, 6-12 octobre 1987, Harare, Zimbabwe.

## AVEC CAMPFIRE, CHACUN AURA DROIT À SA PART DU LION

Le programme Campfire, pour l'aménagement des ressources indigènes des aires communales, qui débute au Zimbabwe, vise à intégrer les bénéfices d' exploitation de la faune sauvage au revenu agricole du pays. Pour cela, le gouvernement associe les populations locales à la protection de la faune sauvage. En effet, jusqu'à présent, les animaux sauvages étaient la propriété de l'Etat, et l'argent issu des parcs nationaux (tourisme ou vente de viande) tombait dans la poche des ministères ou des gros propriétaires terriens ; les populations locales, elles, n'en recueillaient que quelques miettes. Cela encourageait le braconnage dans les réserves, et la destruction des cultures par les animaux sauvages paissant en dehors des parcs ne faisait qu'accroître la frustration des villageois. L'un des principaux responsables du programme, Simon Metcalfe, directeur du Community Wildlife Management Program du Zimbabwe Trust, pense que « la faune sauvage vivant sur les terres communales en dehors des aires protégées ne survivra pas pour des raisons esthétiques, mais parce qu'elle pourra rapporter un revenu compétitif ou complémentaire au kilomètre carré ». L'objectif de Campfire est de faire comprendre aux paysans que toute bête sauvage est aussi une caisse d'épargne ambulante.

Chaque année, les bénéfices d'exploitation seront répartis sur l'ensemble du territoire entourant les réserves. Témoins les premiers résultats obtenus sur le district de Kariba (situé au Nord-Zimbabwe). Cette région de 3 000 km² entoure un parc de 2 000 km² qui héberge une vingtaine d'espèces de grands mammifères, des lions, des léopards, des rhinocéros, etc. L'année dernière, le parc a gagné 200 000 dollars, uniquement grâce à la chasse sportive. Ces ressources ont payé les dommages causés aux cultures, tandis que l'abattage de 15 000 impalas (*Aepyceros melampus*) a fourni 30 t de viande vendue à prix coûtant. Une aubaine pour cette région sèche, qui n'assure que 20 % des ses besoins en céréales et qui dépend de l'aide alimentaire du gouvernement. Le projet Campfire convaincra-t-il d'autres pays africains ? Le Zimbabwe a la chance d'avoir conservé sa faune intacte, mais bien des pays voisins ont totalement détruit leur capital nature en déboisant à tout va.



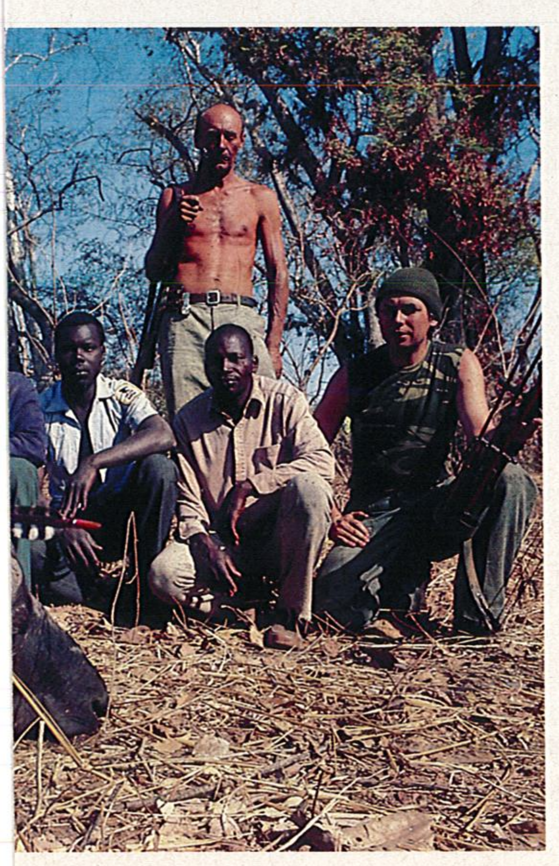
## DU CHOCOLAT POUR LES ÉLÉPHANTS

Les pachydermes d'Afrique ont un nouveau mécène : la Fondation Côte-d'Or (1), qui commercialise le chocolat du même nom, est associée depuis un an au WWF (World Wildlife Fund, Fonds mondial pour la nature) afin de mettre au point un programme d'assistance aux éléphants de Tanzanie.

Deux millions de francs viennent d'être débloqués pour aménager le parc de Ruaha, qui héberge 15 000 éléphants sur 13 000 km². De nombreuses pistes seront ouvertes pour mieux surveiller la faune, et l'achat d'un avion aidera les gardes nationaux à traquer les braconniers. Depuis l'interdiction de la vente d'ivoire décidée à la dernière réunion des Etats membres de la CITES (Convention internatioanle sur le commerce des espèces menacées), les éléphants africains sont placés sous haute surveillance. Mais tous les pays ne sont pas d'accord. Le Zimbabwe ou l'Afrique du Sud, qui assurent depuis des années la commercialisation de l'ivoire, ont mis au point un système de gestion de leur faune sauvage reposant en partie sur les bénéfices de ce matériau. Ils n'ont donc pas voté la résolution de la CITES. Or, l'animal se moque bien des frontières administratives africaines. Les troupeaux circulent d'une zone protégée, telle le Botswana, vers le Zimbabwe, terrain de chasse des amateurs de trophées. A qui appartient la bête ? D'ici à ce que les éléphants portent un numéro d'immatriculation sur l'arrière-train, il n'y a qu'un pas... d'éléphant.



(1) Côte d'Or, Protection de l'éléphant, 16 avenue Jean-Jaurès, 94602 Choisy-le-Roi.



**10 millions de centimes,** c'est ce que les amateurs de trophées payent pour tuer un buffle. Le tourisme cynégétique rapporte plus que l'agriculture dans certains pays africains.

malgré l'interdiction de la chasse dans de nombreux pays. Résultat de cette interdiction, un réseau de distribution clandestin alimente les marchés locaux au détriment de la faune. Combien d'animaux sont ainsi vendus ? Aucune statistique précise n'indique l'étendue du désastre à l'échelle du continent. Mais, une récente enquête effectuée au Zaïre par une équipe de chercheurs germano-zaïroise a permis d'évaluer ce commerce : 46 tonnes de viande sauvage ont ainsi été vendues sur les marchés de la ville de Bukavu en un peu plus d'un mois (soit 400 tonnes de viande pour l'ensemble de l'année dans une ville de 209 000 habitants). Les marchands proposent aussi bien de l'éléphant que du buffle ou du singe. Les enquêteurs ont prouvé que la majorité du gibier arrive des parc nationaux et des réserves avoisinantes. Ce commerce clandestin est assuré par les femmes africaines qui font la navette entre leur réseau de braconniers et les villes. Et ce schéma vaut pour toute l'Afrique.

Bref, au Zaïre 50 % de la viande consommée provient de la chasse, 30 % en Côte-d'Ivoire et 60 % au Congo et au Ghana, etc. Or ces chiffres condamnent à terme la faune sauvage, et cela d'autant plus rapidement que la demande en viande fraîche augmente au taux de la croissance démographique du continent :

la population africaine a triplé depuis le début du siècle. A ce triste tableau, il faut ajouter que les chasseurs d'aujourd'hui n'ont pas les armes primitives des derniers pygmées Aka vivant dans les forêts centrafricaines : ils ont troqué les sagaies contre des kalachnikovs.

Si le gibier concurrence la viande d'élevage domestique, cela tient non seulement aux coutumes alimentaires africaines mais aussi à l'échec patent des programmes d'élevage domestique, qui n'ont jamais pu subvenir aux besoins alimentaires en raison des faibles rendements. Pour compenser cette carence, les éleveurs augmentent donc le nombre d'animaux à l'hectare. Et cette solution aboutit aux surpâturages, qui dénudent les sols avant de les livrer à l'érosion, donc à la mort.

De nombreux experts remettent en cause ces fondements actuels de l'agriculture africaine, et réévaluent l'intérêt d'une gestion rationnelle de la faune sauvage. « Il suffit d'observer le comportement des animaux sauvages sur un lopin de savane pour comprendre à quel point ils sont adaptés aux milieux », dit Hubert Planton, vétérinaire à la Fondation internationale pour la sauvegarde du gibier. Le tapis herbeux est utilisé par les gnous, les buffles ou les gazelles de Thomson, tandis que l'impala préfère le feuillage. L'éléphant, lui, est polyphage : il mange indifféremment les fruits, les racines ou les petites branches d'arbres. Ainsi, toutes les strates de végétation sont consommées par la faune sauva-

## CIVET D'AULACODE AU MENU

La viande de gibier la plus appréciée en Afrique de l'Ouest est un petit rongeur atteignant au maximum une dizaine de kilogrammes : l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) (**1**).

Un trafic de chasse illicite alimente les étalages des commerçants qui vendent la viande du rongeur quatre fois plus cher que celle du bétail. Un animal de 4 kg peut coûter jusqu'à 75 dollars, ce qui en fait le gibier le plus cher d'Afrique. Au Ghana, l'un des multiples marchés de la ville d'Accra a vendu plus de 15 000 aulacodes dans l'année, soit un total de 75 000 tonnes de viande !

Pourtant, l'espèce n'est pas menacée d'extinction, bien au contraire : cet animal particulièrement opportuniste s'est adapté à la déforestation qui sévit en Afrique pour coloniser les cultures ou les savanes secondaires succédant aux forêts primaires. Il se nourrit des tiges des graminées (maïs, sorgho) qu'il décortique minutieusement pour ingérer leur cœur tendre et sucré.

Actuellement, les villageois munis de pièges et de fusils sont ses seuls prédateurs. Mais le rongeur est vivace, comme le soulignent les scientifiques, précisant qu'il faut 20 à 30 habitants au kilomètre carré pour que la chasse commence à décimer la population d'aulacodes.



Sa réputation gastronomique attire la convoitise de nombreux éleveurs qui se lancent sans grand succès, faute de techniques, dans cette production commercialement alléchante mais qui arrivent péniblement à produire quelques individus et ne rentrent pas dans leurs frais. Pour l'instant, le seul élevage rentable, d'une centaine d'individus, se trouve dans la ville togolaise de Kpalimé (**2**).

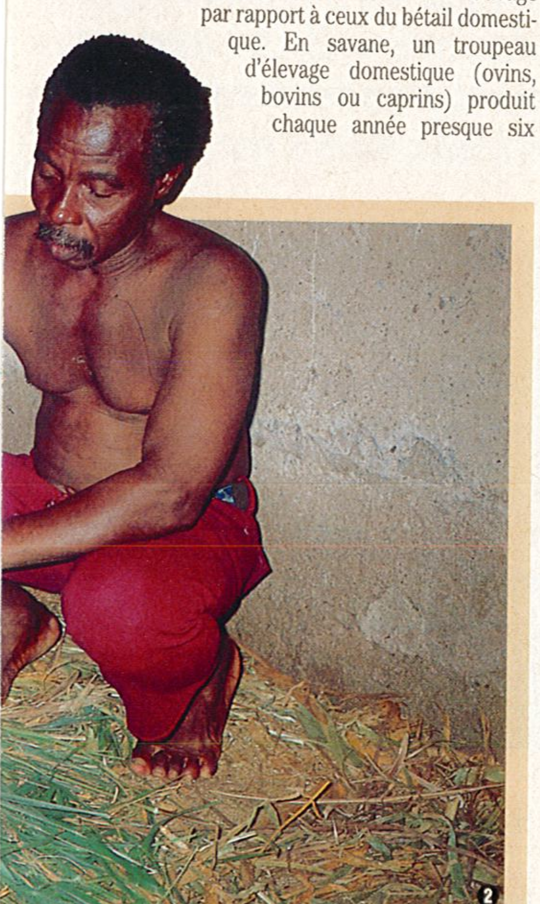
Toutefois, des chercheurs de l'université de Hohenheim ([1]) viennent de lancer un projet d'élevage en collaboration avec le ministère du Développement rural de Cotonou (Bénin). Un cheptel de 500 femelles reproductrices est regroupé dans une ferme expérimentale afin de sélectionner durant les dix prochaines années une souche d'animaux "domestiqués". Dans le meilleur des cas, l'élevage devrait permettre de vendre la viande d'aulacode au prix de la volaille (une des viandes les plus appréciées d'Afrique). Cependant, la réussite d'une telle entreprise dépend plus des conditions sociopolitiques des pays d'accueil que des performances zootechniques des chercheurs. Dans le passé, le Ghana, le Nigeria et la Côte-d'Ivoire ont déjà entrepris des projets similaires... sans succès et pour cause : ces recherches de longue haleine demandent des financements réguliers qui font défaut à l'Afrique.

(1) R. Baptist et G. A. Mensah, Institut für Tierproduktion in den Tropen und Subtropen, Université de Hohenheim, D 7000 Stuttgart 70, Allemagne.

ge sans pour autant la détruire. Bien au contraire, le passage des buffles éclaircit le tapis végétal, ce qui favorise l'apparition des plantes rampantes comme un genre de chiendent, le *Cynodon dactylon*, dont raffolent les hippopotames. Lorsque l'impala mange les feuilles d'acacia, il dissémine en même temps les graines qui sont autant de jeunes arbres en puissance. Chaque espèce favorise donc la survie alimentaire d'une autre. Cela explique en partie la supériorité des rendements de la faune sauvage par rapport à ceux du bétail domestique. En savane, un troupeau d'élevage domestique (ovins, bovins ou caprins) produit chaque année presque six fois moins de viande au kilomètre carré qu'un troupeau de bovidés sauvages tels que l'élan du Cap.

Ce principal atout de la faune sauvage est accentué par la physiologie des animaux. Les besoins en eau résument à eux seuls le fossé qui sépare un bovin domestique, comme le Hereford, et l'oryx. Ce dernier boit trois fois moins que le premier. Il peut même arrêter de suer en remplaçant ce système de thermorégulation par le halètement, évitant ainsi une trop grande perte d'eau. Lors d'un coup de chaleur, la température du corps peut monter jusqu'à 45°C sans que son organisme et, au premier chef, le cerveau, n'en pâtisse. En effet, avant d'atteindre le cerveau, le sang passant au niveau des carotides circule par des méandres de vaisseaux sanguins qui facilitent la perte de calories : le cerveau reste à la température constante de 38°C quelle que soit la température extérieure. Résultat : alors que les animaux domestiques boivent tous les jours, ou au mieux tous les deux jours, les ongulés de la savane, eux, peuvent rester sans boire plus d'une semaine. C'est pourquoi la production de viande sauvage pour l'alimentation par *game ranching* gagne de nombreux pays d'Afrique du Sud-Est. Cependant, les problèmes de conservation sont souvent insolubles en raison du manque de matériel réfrigérant. Qu'à cela ne tienne, la viande sauvage peut être séchée comme en Afrique du Sud. Les bouchers préparent des lanières de viande séchée et épicée, découpées dans les meilleurs morceaux : la recette porte le nom de biltong. Il faut 3,4 kg de viande fraiche pour obtenir 1 kg de biltong, qui concentre donc la valeur protéique de la viande fraîche. Un éléphant adulte peut produire 125 kg de biltong et un buffle 45 kg.

*Dans beaucoup de pays d'Afrique, la moitié de la viande consommée provient de la chasse*



2



1

La Direction générale du développement de la Commission des communautés européennes vient de commander aux scientifiques du CIRAD (Centre international de recherche agronomique pour le développement) un rapport sur l'intérêt de la faune sauvage en Afrique. En septembre, l'UNESCO organise à Paris un symposium sur l'alimentation en forêt tropicale ; l'importance de la faune sauvage sera tout particulièrement abordée. Par ailleurs la station INRA de Kourou lance un programme d'élevage de trois espèces sauvages : un rongeur, l'agouti, et deux artiodactyles, le pécari à collier et le pécari à lèvres blanches. Ces espèces semblent commodes à élever, selon F. Feer, chercheur au CNRS : ils sont polyphages, facilement domesticables et ils ont une durée de gestation courte (2 à 3 mois). La faune sauvage sera-t-elle à la hauteur des espoirs de ces nouveaux agriculteurs ? Sa vie en dépend.

**Didier Dubrana**

Aquiculture

# POISSONS EN CROISIÈRE

***Au large des côtes monégasques, un ancien cargo a été transformé en ferme marine : le Labrax, c'est son nom, doit produire par an 1 000 tonnes de loups et de dorades, qui naîtront tout au long de l'année dans ses cales et grandiront dans des cages accrochées aux flancs du bateau.***




PAR MARGUERITE TIBERTI

Il a fallu six ans de travaux pour aménager ce cargo de 16 500 tonnes (154 m de long, 22 m de large). On y a implanté des cuves, intubé des conduites, et greffé des quilles anti-roulis. Son propriétaire (1) a investi 60 millions de francs dans ce qui est une première mondiale. En effet, jusqu'à présent, toutes les piscicultures se trouvaient à terre avec, quelquefois, un prolongement marin relativement proche des côtes.

Le *Labrax*, lui, est mouillé à 1,5 mille (2,8 km) du rocher de Monaco sur un fond de 150 m. Premier avantage : le bateau pompe en permanence de l'eau fraîche dans la Méditerranée. Cette eau de mer est mélangée à l'eau des bassins, qui tourne en circuit fermé et traverse une série de filtres biologiques et à sable. Cela évite les dangers de prolifération bactérienne fréquente dans les bassins de pisciculture classiques. De plus, en cas de contamination, l'eau du bateau peut être renouvelée en un peu plus d'une heure, au rythme de 1 000 m³/h.

Deuxième avantage : l'économie d'énergie. Les piscicultures classiques disposent d'un appareillage qui doit réchauffer ou refroidir l'eau selon les exigences de l'élevage. En mer, il suffit de pomper l'eau à différentes profondeurs pour obtenir le même résultat, et pour cause : l'eau de mer est composée de couches plus ou moins sensibles aux rythmes saisonniers. Ainsi, en Méditerranée, seuls les cinquante premiers mètres d'eau subissent l'influence du climat. Cette eau de surface atteint 27 à 29° l'été tandis qu'elle descend à 7° en hiver. En revanche, au-delà de cinquante mètres, l'eau de mer reste toute l'année à une température constante de 13°. Ainsi, le pisciculteur qui veut de l'eau froide doit descendre au-delà de 50 mètres en été, tandis qu'il trouvera l'eau chaude à la surface. En hiver, c'est l'inverse. Les besoins en eau chaude sont donc plus facilement pourvus qu'à terre et, même en hiver, on dispose d'une eau dont la



**Un régime sous haute surveillance.**
Les poissons du Labrax bénéficient d'une haute technicité alimentaire : dans des bonbonnes de 20 litres (1) prolifèrent les algues qui nourriront les vers — eux-mêmes alimentation principale des larves de loups et de dorades. Après leur sevrage, les alvins sont nourris de granulés, grâce à un système d'alimentation à air pulsé (2).

température minimale est de 13°.

Très joli tout ça, mais, au large de Monaco, l'eau est-elle si pure ? Certes, depuis juin 90, la principauté dispose d'une station d'épuration très performante. Est-ce à dire qu'on est à l'abri de tout accident ? Sûrement pas. Vu le trafic maritime au large des côtes monégasques, le *Labrax* est en danger de pollution pétrolière permanente. Mais, dans le cas d'une marée noire, la solution prévue est la fuite car les cages peuvent être remorquées vers le large. Ce n'est pas la seule raison qui justifie la formule du navire. Amarré au fond, et muni de ses quilles anti-roulis, le bateau tangue mais il ne roule pas, ce qui est plus confortable pour les poissons et accessoirement pour les hommes.

En quoi consiste le système, baptisé P2M, pratiqué sur le *Labrax* ? Pour que les cales du navire se remplissent de larves de dorades et de loups, il faut stimuler la ponte. Il faut faire croire aux poissons qu'ils sont à la saison de reproduction. Facile à dire mais pas si facile à faire. En effet, la période de reproduction des loups et des dorades se situe en décembre, janvier et février. A cette époque, la durée du jour est de 9 à 10 heures et la température de l'eau est de 12°. Sur le *Labrax* , seul un lot de loups est autorisé à pondre à ce moment-là. François Chambeyron, créateur du procédé P2M, a donc reconstitué dans une partie de sa cale des conditions d'éclairement et de température de l'eau qui recréent le cours naturel des saisons. Pour qu'un lot d'animaux ponde en septembre, il accélère le déroulement du printemps. En réchauffant l'eau et en allongeant ses jours artificiellement, le technicien élève au mois de mars des poissons qui se croient en été. Ces loups confondront septembre avec décembre. Ceux qui doivent pondre en mars, avril et mai devront, par contre, vivre un premier printemps à rallonge. Résultat : trois stocks de loups pondent durant trois périodes suc-

cessives, suivies de deux séries de pontes de dorades.

Les géniteurs sont tous nourris de granulés industriels, sauf pendant les deux à trois mois qui précèdent leurs amours. On leur offre alors des poissons, des calamars et des moules pour améliorer la performance des ébats amoureux.

Les œufs sont préservés dans une salle d'incubation pendant 2 à 4 jours. Huit grands éviers contiennent chacun 5 incubateurs de 40 litres. Chaque incubateur abrite 200 à 300 000 œufs ; 75 à 80 % donneront naissance à des larves de 3 mm.

Les alevins de dorades et de loups ont pour alimentation essentielle des rotifères. Ces vers d'eau douce sont eux-mêmesnourris par des algues : la chambre aux algues, située sur le pont, est un lieu étrange où bouillonnent, dans des récipients de différentes tailles, des mixtures jaunes, vertes ou brunes. Ces algues sont des unicellulaires. Dans chaque récipient, une seule espèce se développe. On part d'une souche de référence, conservée dans une éprouvette de 50 ml, pour arriver à remplir un silo de 400 l pouvant contenir des concentrations de 1 million à 120 millions de cellules par millilitre. A cette fin, on augmente progressivement le volume de la culture en utilisant des marmites de tailles croissantes. Vers un volume de 500 millilitres, la croissance des algues est stimulée par une injection de gaz carbonique. Des prélèvements réguliers contrôlent la concentration de la culture. Mais l'œil de l'homme fait la différence : que la couleur de la culture soit trop claire ou trop foncée, le technicien en modifiera le déroulement sans attendre le verdict du prélèvement. Au bout de 7 semaines on peut remplir suffisamment de silos pour démarrer l'élevage dans la salle suivante où attendent des colonies de rotifères.

On augmente progressivement le volume du milieu de culture pour remplir de rotifères des silos de 400 litres. En cinq semaines, on obtient 5 silos bourrés de rotifères à raison de 200 individus par millilitre. Le technicien les descend alors dans les cales du navire pour ensemencer un nouveau bac de 2 000 l. Ce dernier sera déversé dans les 34 bassins d'élevage : des cuves qui fourmillent d'alevins. A ce stade, le taux de mortalité des jeunes poissons s'élève à 50 %. Les paramètres aquacoles, température, salinité de l'eau et éclairement du bassin sont contrôlés toutes les heures. Mais, plus encore que ces paramètres physiques, le comportement des poissons souligne la qualité de l'élevage. Si les loups se regroupent en surface ou se collent aux parois, il faut immédiatement modifier la circulation de l'eau dans le bassin ou donner un peu plus de rotifères. Le premier jour, les larves sont peu mobiles, il faut donc leur donner beaucoup de nourriture. Mais, au bout de cinq jours, leur bouche grandit et les rotifères ne suffisent plus. Il faut alors progressivement passer à une nourriture "deuxième âge". On introduit dans les bassins des petits crustacés : les artémias (2).

Quand les larves atteignent 45 jours, elles passent d'une cale à une autre où les attend une nouvelle épreuve, celle du sevrage. Alevins de loups et de dorades changent d'alimentation une dizaine de jours après leur passage dans cette cale. On remplace les artémias par des granulés. Là encore, le doigté est essentiel. Si l'aquiculteur voit que son poisson apprécie le granulé, il lui en donnera très tôt sans hésiter. En revanche, si l'élevage décline il attendra un jour ou deux pour changer l'alimentation. Autre danger inhérent à cette période : le cannibalisme relatif à la proximité des individus. Il faut donc régulièrement trier les poissons pour uniformiser la taille des individus.

Quand ils auront atteint 600 à 700 mg, les poissons passeront en cale de pré-grossissement. Ici, 40 bassins sont équipés d'un astucieux système de distribution de nourriture. Cette dernière est transportée à partir d'un point central vers chaque bassin, en passant par un réseau de tuyaux sous pression. Cette distribution est pilotée par un ordinateur central. Il détermine à la fois la quantité de granulés expulsés, et la fréquence d'alimentation. Cela dépend du nombre d'alevins et de leur taille. Ces bassins de 15 m³ ont une forme elliptique qui oriente la circulation de l'eau de façon homogène, malgré les mouvements du bateau. Les poissons y resteront trois mois, le temps de prendre quelques grammes. Puis ils seront "jetés" à la mer dans des cages. Le volume de l'élevage sera de l'ordre de 30 000 m³ en plusieurs unités distinctes déployées de part et d'autre du navire.

Les cages seront fonctionnelles en juillet 1991. Des dorades seront commercialisables dans un an, des loups dans deux ans. La production sera-t-elle à la hauteur des espoirs d'Olivier Bourgeois ? Il est confiant, mais la mer a toujours réservé bien des surprises à l'homme. **Marguerite Tiberti**

**Ils pondent en toute saison.** Pour maîtriser les périodes de ponte, l'aquiculteur contrôle la température à laquelle il maintient ses géniteurs (ici des loups).



(1) Armateur belge actionnaire de la pisciculture monégasque (P2M), société au capital de 17 millions de francs, créée le 17 octobre 1989 par Olivier Bourgeois.

(2) Ces crustacés ont la faculté d'adopter, si on les met au sec, une forme de résistance dite cysthe. Un peu comme les daphnies que l'on donne aux poissons rouges.

# ECHOS DE LA RECHERCHE

COSMOLOGIE

## La cote de la matière noire est en baisse

*La faveur dont jouissent certaines notions de physique et de cosmologie ressemble un peu à la mode, en ce sens qu'elle varie. Mais à la différence de la mode terrestre, elle est sujette à des observations scientifiques.*

C'est ainsi que des travaux récents d'exploration optique et radio de l'Univers ont donné un sérieux "coup de vieux" à l'une des idées les plus cotées ces vingt dernières années, celle de la matière noire froide (MNF).

Il y a quelque vingt ans, en effet, la majorité des cosmologistes postulait que les galaxies se formaient à partir de quelque chose qui était du pas grand chose, qu'elles constituaient d'abord de petites structures et que celles-ci s'agrégeaient ensuite en plus grandes structures. Quel était donc ce pas grand chose ? On n'en avait qu'une idée floue : c'étaient, imagina-t-on, des particules "noires", c'est-à-dire non radiatives, donc invisibles, et "froides", parce que lentes, voire très lentes ; et c'est ainsi que se forma le concept de la matière noire froide.

On était bien conscient qu'il n'existait pas la moindre preuve expérimentale de l'existence de particules non rayonnantes et qu'il ne s'agissait là que d'un instrument de travail, pas d'un fait scientifique établi. La preuve en était que de nombreux astrophysiciens s'efforçaient de savoir si la fameuse MNF n'aurait pas été, par hasard, constituée de neutrinos.

Mais enfin, on s'était tellement habitué à cette théorie de la MNF qu'elle finissait par être acquise, un peu comme si les habits invisibles du roi nu d'Andersen lui avaient vraiment tenu chaud.

La répartition des galaxies suivant cette théorie devait se faire selon des lois statistiques connues. On devait avoir ici une galaxie de telle grandeur, là une autre d'une grandeur différente, ailleurs encore une troisième d'une autre grandeur et ainsi de suite, avec des substrats mesurables de MNF. Cela serait vérifiable par comparaison entre un modèle de distribution de matière inerte strictement due au hasard et les images de l'Univers dont on disposait.

Or, quand on appliqua l'analyse statistique à la distribution des galaxies dans le ciel, voilà une vingtaine d'années, la théorie fut mise à rude épreuve. On n'arrivait plus du tout à assigner à la masse de MNF une valeur rationnelle.

En effet, on trouva que le mécanisme de formation des galaxies, tel qu'on l'avait imaginé, fonctionnait bien pour les petites galaxies, mais pas du tout pour les grandes et les géantes.

Il manquait de la matière, noire ou d'une autre couleur.

Et ce fut là que les Romains s'empoignèrent. Les uns clamèrent que si, le modèle restait valable, car il fallait tenir compte des grands vides et des filaments repérés dans le ciel, qui prouvaient que la MNF ne donnait pas seulement naissance à des galaxies, les autres assurant que la théorie était tellement ébranlée qu'il fallait en changer.

Dans le premier numéro de *Nature* de cette année (1), ce ne sont pas moins de dix astrophysiciens et cosmologistes internationaux qui démontrent qu'en effet la théorie de la MNF est douteuse. En analysant les photos du ciel prises en infrarouge par le satellite astronomique IRAS, ils ont trouvé ceci : en tenant compte de découvertes de galaxies et de vides qu'on n'avait pas encore vus, on trouve que les différences de densité générale de l'Univers doivent être révisées de la manière suivante : il y a plus de grandes structures de forte densité que prévu, et le vide n'est, en moyenne, pas aussi vide qu'on l'avait cru.

C'est-à-dire qu'on a beaucoup moins besoin de faire intervenir la notion de MNF, l'Univers étant plus "meublé" que le montraient les anciennes photos.

On peut imaginer que la théorie du Grand Attracteur et du Grand Mur se trouveront soumises, elles aussi, à des épreuves alarmantes. Nous en parlerons à ce moment.

**G.M.**

(1) "The density field of the local universe", *Nature*, 3 janvier 1991.

**Erratum.** Dans notre article intitulé "L'homme déchiffré", n° 880, deux erreurs ont échappé à notre vigilance. Tout d'abord, l'encadré "A chaque génération, la méiose rebat les cartes de nos gènes" évoque la possibilité de *crossing-over* (enjambement) au cours de la mitose. Nous confirmons que des échanges de matériel génétique ont effectivement lieu lors de ce processus, mais ils se produisent exclusivement entre bras identiques d'un chromosome dédoublé et non entre chromosomes homologues, comme nous l'avons indiqué par erreur. Ces enjambements n'ont donc aucune conséquence génétique. Dans le schéma illustrant l'encadré "Identifier l'une après l'autre toutes les lettres de l'ADN", le marqueur (boule jaune) du fragment d'ADN dessiné en bas aurait dû se situer à gauche et non à droite de la molécule.

HISTOIRE DES SCIENCES

# *Les Cahiers de Science & Vie* : pour en finir avec les faux débats

Il est, en science, des débats qui n'en finissent jamais, parce que l'information est rare ou circule mal et que des partis pris continuent de la fausser. Ainsi de la naissance de l'avion : fut-ce, oui ou non, Clément Ader qui l'inventa ? Et pourquoi n'eut-il pas de disciple ? Quelle idée se faisait-on, à l'époque, de ce plus lourd que l'air dont certains, d'ailleurs, avaient "démontré" qu'il ne volerait jamais ?

Tel est l'objet des *Cahiers de Science & Vie*, nouveau bimestriel illustré. Le premier numéro est donc consacré à la naissance de l'aviation. Comme toute entreprise historique bien entendue, il fourmille de leçons. On y apprend ainsi que lorsque Henri Farman, en 1908, remporte le prix de cinquante mille francs-or promis par deux mécènes à l'aviateur qui, le premier, réussirait un virage en vol, il s'avise que ce prix aurait dû revenir aux frères Orville et Wilbur Wright, qui faisaient encore mieux depuis des années.

On y apprend encore à quel point des "gens du métier" peuvent méconnaître le développement de leur champ d'activité : la même année 1908, Gabriel Voisin, constructeur d'aéroplanes lui-même, reprochait à l'appareil des frères Wright d'avoir les ailes trop larges pour atterrir sur une départementale. Car, pour Voisin, un avion devait servir à aller pique-niquer en famille.

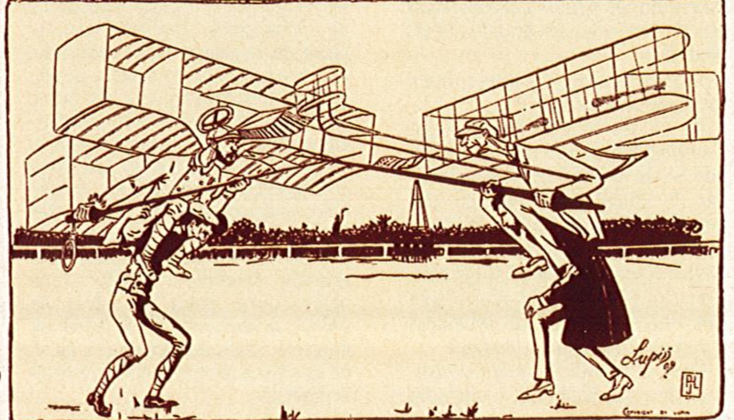
Autre leçon : en dépit des erreurs, et comme animé d'une vie indépendante, l'avion se développe quand même, accumulant les records dans une droite ascendante. Tandis que les théoriciens du temps se demandent s'il est un projectile motorisé ou un engin à piloter, s'il est vraiment nécessaire qu'il se pose n'importe où et qu'il monte haut pour aller loin, il évolue à l'instar des espèces vivantes. Ptérodactyle de toile et de filins dans ses débuts, il s'épure en quelques années et suit la loi inexorable de l'énergie : dépenser moins pour obtenir plus. Et c'est en obéissant à l'aérodynamique qu'il devient esthétique.

Les spécialistes qui rédigent *les Cahiers de Science & Vie* ne ne se limitent toutefois pas au débat d'idées ; ils font revivre les événements et les acteurs, bref ressuscitent l'actualité scientifique, technique, mais aussi humaine.

Le prochain thème sera "Galilée contre ses juges", évocation d'un procès qui a enclenché le déclin de l'autorité religieuse dans le domaine scientifique.

**Science & Vie**

**France contre Etats-Unis** pour la conquête de l'aviation, dessin d'époque : à gauche, Farman monté sur les épaules de Voisin dans une joute contre les frères Wright.



PHARMACOLOGIE

# Le Glifanan sur la sellette

Le Glifanan, un des médicaments anti-douleur les plus largement utilisés, a été retiré de la vente en Belgique en raison de ses effets secondaires. Mis sur le marché français en 1965 par le groupe pharmaceutique Roussel-Uclaf, son usage s'est rapidement répandu, car c'est un antalgique pur, sans effet anti-inflammatoire ni antipyrétique, ne provoquant pas de troubles gastro-intestinaux, ni de la coagulation sanguine. On estime qu'il s'en vend, en France, quelque 4 millions de boîtes par an.

Mais le Glifanan expose les personnes allergiques à la glafénine, son principe actif, au risque des symptômes allergiques mineurs. Si des individus ont de tels symptômes lors d'une première prise, ils peuvent devenir hypersensibles à la molécule, et lors d'une prise ultérieure, courent le risque d'un choc anaphylactique mortel.

Les autorités sanitaires françaises n'ont pas retiré le médicament de la vente, mais demandé une réunion de la commission des spécialités pharmaceutiques de la CEE.

**A.D.**

**Des cuisses de grenouilles toxiques :** les batraciens qui ont consommé des coléoptères connus sous le nom de mouches cantharides, aphrodisiaques supposés mais toxiques certains, deviendraient eux-mêmes toxiques, selon des expériences de chercheurs à l'université Cornell. La cantharidine entraîne une inflammation destructrice du système urogénital, d'ailleurs connue des médecins français depuis 1861, puisque les médecins militaires Vézien et Meynier avaient relevé des troubles graves chez des légionnaires qui avaient consommé des cuisses de grenouilles qui contenaient de la cantharidine.

**Le delta du Nil s'enfonce** : l'érosion maritime pourrait retrancher une bande d'une trentaine de kilomètres de terre vers l'an 2000. Le delta n'est pas si vieux : il a commencé à se former il y a quelque 7 000 ans, grâce aux alluvions déposés par le Nil.

CLIMATOLOGIE

# Effet de serre : nouvelles inconnues et Guerre du Golfe

*Le modèle de l'effet de serre, qui avait été adopté de manière à peu près unanime par la majorité des climatologues jusqu'à l'an passé, révèle de plus en plus de carences. Ce n'est pas que les prémices du modèle, c'est-à-dire les risques d'un réchauffement du climat par accumulation du gaz carbonique soient fausses : c'est que les évaluations étaient inexactes.*

C'est ainsi que les effets des grands vents sur les échanges gazeux entre l'atmosphère et les océans semblent inviter à réévaluer à la baisse la capacité d'absorption de gaz carbonique par ces derniers : contrairement à ce qu'on avait calculé, l'absorption du $CO_2$ quand les vagues sont fortes est moindre que prévu ([1]).

En revanche, on a sous-estimé la faculté qu'ont les océans de libérer aussi du gaz carbonique dans l'atmosphère, par suite de l'action des bactéries marines, qui captent le carbone organique dans les océans pour le libérer ensuite sous forme de $CO_2$. Comme on estime à 1 600 milliards de tonnes la masse du carbone organique dissous dans les océans, il ne s'agit pas là d'une valeur négligeable ([2]).

Parallèlement, on s'avise que la capacité d'absorption du $CO_2$ par les océans ne dépend pas tant du taux de saturation des couches océaniques profondes que des courants océaniques et de leur dynamique ([3]).

Enfin, on a également sous-estimé le rôle des surfaces couvertes de végétation de l'hémisphère Nord dans la fixation du gaz carbonique dégagé par la combustion des hydrocarbures : on avait jusqu'ici pensé que c'étaient les mers de l'hémisphère Sud qui étaient les grandes fixatrices de ce $CO_2$ : les effets de la déforestation seraient donc plus graves que prévu ([4]).

Enfin, conséquence imprévue et éventuelle de la guerre du golfe Persique, l'incendie massif de puits de pétrole pendant une longue période pourrait d'un coup augmenter de 5 % les taux de $CO_2$ dans l'atmosphère ; les particules de carbone ainsi dégagées seraient absorbées par les nuages, lesquels absorberaient alors davantage de rayons solaires, deviendraient plus légers et monteraient à des altitudes très élevées (jusqu'à 25 km). Etant donné que ces particules sont très opaques, elles filtreraient de même les rayons solaires, ce qui entraînerait un refroidissement des zones situées au-dessous, ce qui aurait des conséquences incalculables, allant jusqu'à modifier le régime des moussons ([5]).

Comme on le devine, ce sont des quantités considérables de mesures et de recherches qui sont encore nécessaires pour préciser le rôle du gaz carbonique dans le modèle de l'effet de serre.

Tout ce qu'on peut affirmer aujourd'hui est que ce gaz a augmenté de près de 25 % dans l'atmosphère depuis un siècle. **G.M.**

(1) "Air-sea exchange in rough and stormy seas mesured by a dual-tracer technique", *Nature*, 10 janvier 1991.
(2) Bulletin n° 22 du *Lamont-Doherty Geological Observatory*.
(3) *New Scientist*, 15 décembre 1990, p. 10.
(4) Bulletin n° 22 du *Lamont-Doherty Geological Observatory*.
(5) "Desert fires cast a shadow over Asia", *New Scientist*, 12 janvier 1991.

PHARMACOLOGIE

# Un médicament contre l'Alzheimer

Le premier médicament contre la maladie d'Alzheimer attend l'autorisation de mise sur le marché du gouvernement britannique. La demande a été présentée par la firme Parke-Davis. Les premiers travaux remontent à 1987. Les premiers essais, à l'année suivante. Le médicament s'appelle Cognex ou THA.

Son efficacité se base sur une action protectrice à l'égard de l'acétylcholine, neuromédiateur essentiel au fonctionnement cérébral, qui est détruit dans la maladie. L'acétylcholine est libérée par l'influx nerveux à la jonction des nerfs du système parasympathique ou du système moteur. Elle est ensuite rapidement dégradée en choline et en acide acétique, sous l'action de l'acétylcholinestérase, enzyme qui contrôle son activité.

Le nouveau médicament serait surtout actif aux premiers stades de la maladie ; il bloquerait la détérioration des cellules nerveuses et restaurerait le fonctionnement cérébral et le comportement des malades ; il ne peut donc être utilisé quand les dégâts sont trop étendus. Le Dr Archer Martin, 80 ans, prix Nobel, inventeur de la chromatographie, l'un des premiers qui reçurent le médicament lors des essais cliniques, se retrouva en mesure de lire couramment des textes scientifiques complexes. Puis le traitement fut suspendu, car les médecins craignaient une détérioration de la fonction hépatique ; mais son état reste stable, même après arrêt du traitement.

Nous tiendrons nos lecteurs au courant des développements de ce dossier et les prions de ne pas nous écrire jusque-là. **G.M.**

**Fougère cancérigène ?** C'est ce que soupçonne fortement la Commission britannique de la campagne sous toutes ses formes. La consommation de fougères multiplie les taux de cancer de l'estomac par 2,7, et il existe des données sérieuses sur la responsabilité des spores dans le déclenchement de cancers pulmonaires, ovariens, hépatiques, etc.

**Chirurgie de la myopie en une fraction de seconde**, mise au point en Allemagne. La cornée est modifiée par laser. 10 réussites sur 13 essais. Léger voile subsistant dans la cornée pendant les trois mois suivant l'opération.

PSYCHOLOGIE

# Le déjà-vu et l'holographie

L'impression de déjà-vu est celle qu'on ressent quand on croit avoir déjà vécu une expérience immédiate. Saint Augustin la décrit au Ve siècle. Le neuropsychiatre sud-africain Vernon Neppe en recense 44 théories explicatives. L'une des plus intéressantes est celle d'Hippolyte Taine qui, dans *De l'intelligence*, l'attribue à une vasoconstriction cérébrale et non plus à une prétendue réincarnation.

Selon deux psychiatres hollandais [1], le phénomène s'explique ainsi : les souvenirs sont enregistrés dans le cerveau sous une forme qui évoque l'hologramme ; c'est une relation flottante entre des éléments ou informations déterminés, enregistrés séparément, par fractions, dans les cellules. Chacune des cellules comporte assez d'éléments pour reconstituer l'hologramme entier, ce qui fait que, même si l'on détruit plusieurs des cellules porteuses des informations, on peut quand même reconstituer la relation "holographique" à partir d'un nombre d'informations très inférieur à celui du souvenir d'origine.

Plusieurs de ces informations sont semblables. Ainsi, les informations 1-6-14 du souvenir A, enregistré en 1985, peuvent être les mêmes que les informations 4-9-18 d'un souvenir B, enregistré en 1990. Ces dernières, 4-9-18, peuvent alors évoquer le souvenir A, bien qu'elles appartiennent au réseau du souvenir B. Par exemple, il y a des rues, des paysages, des situations qui se ressemblent. C'est ainsi, mettons, qu'une vue de la rue St-Sulpice à Paris, à 5 heures du soir (éléments 1-6-14 du souvenir A), peut ressembler (pour certains) à St-Marylebone, à Londres, à la même heure (éléments 4-9-18 du souvenir B, tout frais). Si l'on se trouve donc à St-Marylebone à 5 heures, un jour, étant donné que le souvenir A aura été reconstitué entièrement, on aura l'impression d'avoir déjà été à St-Marylebone alors que c'est la première fois qu'on y met le pied. **G.M.**

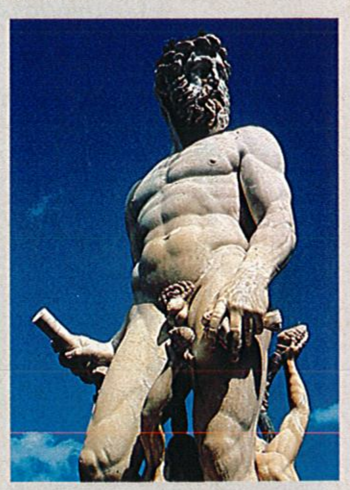
(1) Drs Herman Sho et Don Linszen, *American Journal of Psychiatry*, décembre 1990.

PSYCHIATRIE & LITTERATURE

# Le "syndrome de Stendhal" gagne de l'audience ou : "Plus beau, tu meurs"

*Voilà bientôt quatre ans qu'on a commencé à parler d'un curieux syndrome : des touristes visitant Florence et Rome étaient frappés d'épuisement, de vertiges, voire de troubles du comportement.*

On s'empressa d'expliquer que la vue de tant de merveilles, musées du Vatican et des Offices, place de la Seigneurie, chapelle Sixtine, dôme de Brunelleschi (pour l'inventaire complet, consultez un guide Michelin), avait soumis les visiteurs à une surdose d'émotions esthétiques. En l'honneur de Stendhal, qui rapporte dans *Rome, Naples et Florence* qu'il fut pris de malaise devant les fresques du Volterrano à Santa Croce, on affubla ce curieux syndrome du pseudonyme d'Henri Beyle. "On", c'est Graziella Magherini, psychiatre et psychanalyste, qui vient de publier un livre là-dessus [1].



En effet, Stendhal raconte : « En sortant de Santa Croce, j'avais un battement de cœur, ce qu'on appelle les "nerfs" à Berlin ; la vie était épuisée chez moi, je marchais avec la crainte de tomber. »

Son trouble est intéressant parce que c'est lui qui le raconte, mais il est douteux que le talent de Baldassare Franceschini, dit le Volterrano, justifie un trouble psychologique de première grandeur. A ce compte, il faudrait voiler les fresques de Delacroix au Palais-Bourbon, afin d'éviter que les débats politiques en soient troublés. On voit d'ici les députés s'effondrer sous le poids de l'émotion esthétique...

A l'époque où l'on commença à évoquer ce syndrome, nous n'en parlâmes guère. Mais puisqu'il semble conquérir droit de cité, peut-être nous autorisera-t-on a émettre quelques réserves sur les effets psychologiques de la fréquentation des villes d'art.

Le premier point à relever est qu'on y arrive généralement en été, souvent par grande chaleur (c'est en effet par grande chaleur que les premiers cas se manifestèrent), épuisé par le voyage et parfois sujet à des troubles gastro-intestinaux causés par le changement d'eau et de nourriture. Le deuxième est qu'on commence à courir des kilomètres (la visite des musées du Vatican, par exemple, imposerait un vélo ou un tapis roulant), en portant tout un barda d'appareils photographiques et d'impedimenta divers, puis qu'on tourne la tête dans tous les sens (rien que pour admirer, même superficiellement, les fresques de la chapelle Sixtine, il faudrait un crâne monté sur cardan), s'obligeant à des efforts d'accommodation oculaires ininterrompus.

Le troisième point est que ce genre de performances est, en général, interrompu par une pause déjeuner, tout aussi généralement arrosée de bardolino, de chianti ou

(1) *Le syndrome de Stendhal - du voyage dans les villes d'art*, par Graziella Magherini, éd. Usher, 202 p., 135 F.

de valpolicella, et que le marathon reprend jusqu'à la fermeture des musées. Ce qui est quand même assez éprouvant pour des gens qui n'y sont pas entraînés.

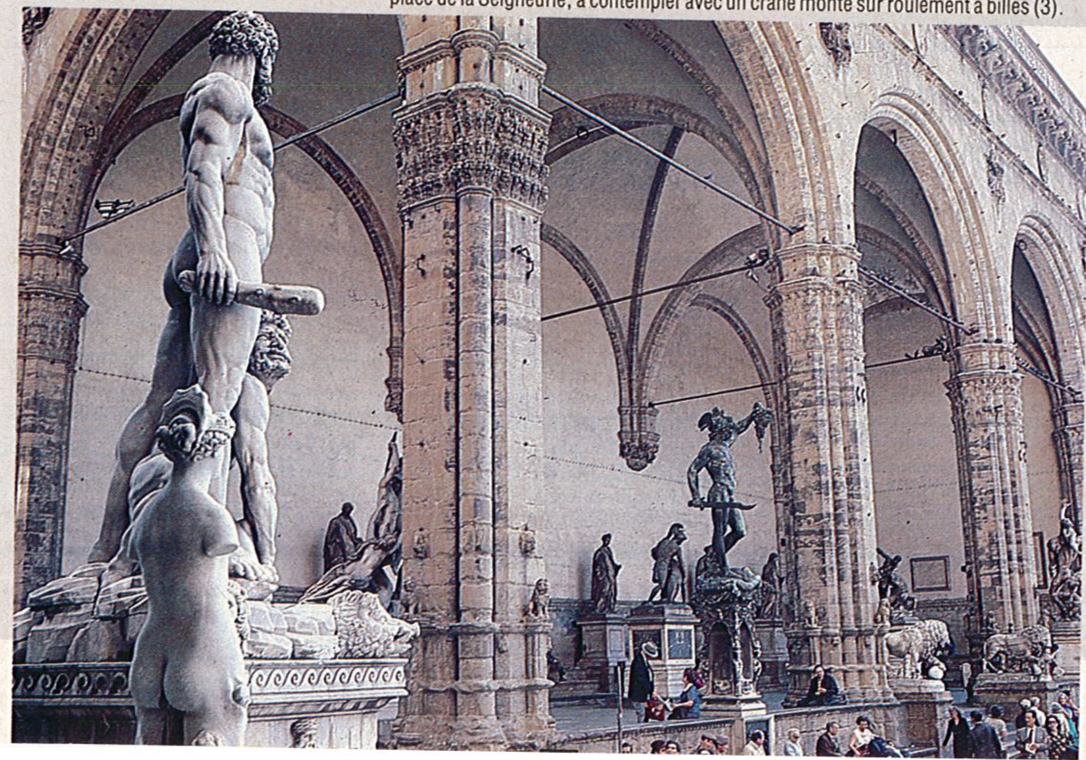
Bizarrement, ce ne serait qu'en Italie que l'on est sujet à des malaises tels que ceux que réunit le "syndrome de Stendhal". On n'a guère souvenir d'en avoir enregistré à Paris ou à Léningrad, qui ne sont pourtant pas dénués d'attraits artistiques, ni de musées.

Cela devrait suffire à reconsidérer le dossier. Reste, évidemment, le cas de Stendhal lui-même. Mais nous ne savons rien de son état de santé au moment du malaise de Florence, ni du programme de sa journée.

On se demandera peut-être pourquoi jeter le discrédit sur une proposition de maladie aussi noble que celle qui porterait le nom de Stendhal : c'est tout simplement parce que des gens qui continueront à s'exposer à des épreuves telles que "Rome en trois jours" ou "Florence en vingt-quatre heures" dans les conditions évoquées plus haut s'imagineront qu'ils souffrent du fameux syndrome alors qu'ils sont simplement victimes du surmenage. A moins qu'ils ne soient pris de syncope devant les tuyauteries du Centre Georges Pompidou... G .M.



**Trois vues de Florence :** une statue place de la Seigneurie, à regarder d'en bas (1) ; un dôme, celui du baptistère, à admirer au péril des vertèbres (2) et la loggia de la place de la Seigneurie, à contempler avec un crâne monté sur roulement à billes (3).



BIOLOGIE

# Champs magnétiques et santé : quelques effets peu connus

Une communication faite à l'*American Medical Association* par un chercheur américain William C. Scott comporte, entre autres, un inventaire d'effets peu connus des champs électromagnétiques sur les organismes vivants, qui résultent de travaux récents. Cette dernière précision est utile, parce qu'un grand nombre de données disponibles sur la question remontaient à des années et pouvaient prêter à contestation.

• En ce qui concerne le cancer, qui est l'une des maladies les plus graves que les champs électromagnétiques soient soupçonnés de causer, Scott cite des travaux qui confirment ce que nous rapportions dans notre n° 879 : ces champs affectent l'équilibre des ions calcium intracellulaires et accélèrent les processus d'oxydation dans les cellules, dérèglement qui a déjà été soupçonné de causer le cancer.

• En ce qui concerne les réactions endocrines et enzymatiques, Scott cite des travaux qui demandent à être poursuivis, et selon lesquels les champs électromagnétiques supprimeraient la sécrétion de mélatonine par l'hypophyse, réduisant ainsi les réactions immunitaires, puisque la mélatonine est un immunomodulateur et que des déséquilibres de cette hormone ont été liés aux cancers du sein et de la prostate.

• En ce qui concerne les cellules cancéreuses elles-mêmes, les champs électromagnétiques posséderaient la particularité paradoxale de réduire leur potentiel de croissance (d'après les taux d'une enzyme nécessaire à leur croissance, l'ornithine décarboxylase).

• En ce qui concerne les effets de ces champs sur le comportement, des travaux sur le rat indiquent que des champs de l'ordre de 1 à 1,5 gauss (unité désuète, 1 gauss = 0,0001 tesla) ont des effets singuliers, tels que l'atténuation de crises épileptiques induites chimiquement et la réduction des effets analgésiques de la morphine.

Ce ne sont là que quelques-unes des données de cette longue communication. Elles confirment l'intérêt des recherches sur les effets des champs électromagnétiques sur les êtres vivants. **G.M.**

**Petite lumière** sur l'énigme de la vulnérabilité particulière des Asiatiques à l'infarctus du myocarde : une étude comparative entre des Européens et des Asiatiques ayant survécu à un infarctus indique que ces derniers présentaient plus de troubles de tolérance au glucose ou comportaient plus de diabétiques dans leur groupe que les Européens. Or, une sécrétion élevée d'insuline augmente les taux de triglycérides sanguins, liés à l'apparition de la maladie coronarienne.

MEDECINE

# Vaccin contre le papillome à l'essai...

Des médecins de l'université de Glasgow [1] expérimentent actuellement sur l'animal un vaccin contre un virus responsable du cancer du col de l'utérus, le papillomavirus. Les essais semblent jusqu'ici positifs, puisque le vaccin a permis à l'organisme de détruire, chez des vaches, des tumeurs précancéreuses causées par ce virus.

La mise au point de ce vaccin s'est faite selon une méthode désormais éprouvée : des gènes du virus ont été greffés sur des bactéries et donc clonés par multiplication des bactéries. Puis ils ont été isolés afin de fabriquer le vaccin.

Le virus a été inoculé à six vaches qui, au bout de huit semaines, ont développé des tumeurs précancéreuses. Puis le vaccin a été injecté et, au bout de douze semaines, les tumeurs avaient disparu.

Le vaccin devrait être administré aux femmes ainsi qu'aux hommes. (vecteurs de la contamination). **G.M.**

(1) Sous la direction de William Jarrett, professeur de pathologie vétérinaire à cette université.

# ... et nouveau vaccin contre le choléra en vue

Les vaccins actuels contre le choléra sont préparés à l'aide de bacilles *Vibrio cholerae* morts ou atténués. Leur efficacité ne dure que quelques mois. La raison semble en être qu'ils ne suscitent pas de réponse immunitaire complète.

Un chercheur américain [1] a donc essayé d'aborder la création d'un nouveau vaccin basé sur un bacille modifié de telle sorte qu'il ne produirait pas les toxines caractéristiques de son modèle. Les segments d'ADN responsables de la production de ces toxines furent d'abord localisés : c'étaient *ctx A* et *tcp A*. Puis on trouva que l'expression de ces segments était elle-même commandée par le gène *tox R*. On fabriqua donc des souches modifiées de bactéries qui ne comportaient pas *ctx A* ou bien, alternativement, *tox R* ou *tcp A*.

Il s'est avéré que les vaccins à base de bactéries de ces souches artificielles sont efficaces, mais à des taux variables selon le segment qui en a été supprimé. Ceux qui déclenchent des symptômes analogues à ceux du choléra (essentiellement la diarrhée), mais atténués, sont plus efficaces que ceux qui ne déclenchent pas ou peu de tels symptômes.

On essaie de mettre au point des bactéries encore plus modifiées, qui produiraient une réponse immunologique plus large et durable. **G.M.**

(1) John Mekalanos, professeur de microbiologie et de génétique moléculaire à l'université Harvard.

BIOLOGIE

# Encore un pas dans la lutte contre le Sida

Il ne se passe plus guère de semaine qu'on n'annonce une découverte importante dans la lutte contre le Sida. Tandis que, dans le domaine clinique, les premiers vaccins sont mis à l'essai sur des humains (les résultats ne seront pas connus avant plusieurs mois), dans le domaine de la recherche, on progresse également. Le pas le plus important de ces dernières semaines est, à coup sûr, la découverte de Wayne Hendrickson et Richard Axel, de l'université Columbia. C'est celle de la partie spécifique du récepteur naturel du virus, la glycoprotéine CD 4, sur l'enveloppe des lymphocytes TD 4, qui fixe le virus HIV. On savait que cette molécule comporte quatre parties, mais on ne connaissait pas les rôles de ces parties. Or, les chercheurs cités plus haut ont établi que c'est la partie dite CDR 2, sigle de *Complementary Determining Region 2*, qui accroche la protéine gp 120 du virus.

On a également trouvé la structure chimique du CDR 2 ; curieusement, elle contient de la phénylalanine, substance qu'on ne trouve généralement pas sur la "peau" des cellules, car elle est hydrophobe. Le dernier pas qui permettrait de tirer une application de ces découvertes sera la compréhension de la structure que forment le CDR 2 et le gp 120 une fois qu'ils sont combinés.

L'intérêt pharmacologique de la découverte est qu'on pourra administrer aux malades des molécules beaucoup plus spécifiques du virus, et non la totalité de la molécule CD 4 comme on le fait jusqu'ici (celle-ci, utilisée à titre de leurre, se colle aux virus en circulation et les empêche, théoriquement, de se coller à leur tour aux cellules). On suppose, en effet, que la totalité de la molécule CD 4 se prête mal à l'utilisation thérapeutique, parce qu'elle est trop grosse et qu'elle se désagrège avant d'arriver au but.

Il faut enfin signaler deux bonnes nouvelles : on a réussi à mettre au point un vaccin efficace contre le virus SIV du Sida du singe, et même contre le virus HIV 2, second type de virus capable de donner le Sida aux hommes, entreprise qui avait jusqu'alors paru impossible ([1]). Le vaccin a été réalisé de la manière la plus classique, c'est-à-dire avec des virus inactivés, comme le recommandait Jonas Salk. On a donc de bonnes raisons d'espérer qu'on pourra réaliser, sur une piste jusqu'alors considérée comme mineure, un vaccin humain aussi efficace.

Seconde nouvelle : la didéoxyinosine, ou DDI, donne des résultats prometteurs dans le traitement du Sida chez les enfants, avec des effets secondaires tolérables ([2]).

Peut-être l'année 1991, si sombre à d'autres égards, sera-t-elle celle d'un commencement de victoire contre le Sida. **G.M.**

(1) "Aids vaccine : hope and despair", *The Lancet*, 22-29 décembre 1990.
(2) *New England Journal of Medicine*, 17 janvier 1991, p. 137.

PALEONTOLOGIE

# L'homme moderne est plus vieux qu'on croyait

En paléontologie classique, on avance que l'homme moderne, *Homo sapiens sapiens*, descendant de la branche de Cro-Magnon, apparut en Europe occidentale il y a de 30 000 à 35 000 ans, après avoir émigré d'Afrique où il était né il y a de 100 000 à 200 000 ans. Il coexista sans doute quelque temps avec l'homme de Néanderthal, qui aurait disparu il y a 30 000 ans environ. Nous disons "sans doute", parce que certaines estimations indiquent que l'homme de Néanderthal aurait, en fait, disparu il y a 40 000 ans, c'est-à-dire 5 000 ans avant que celui de Cro-Magnon n'arrivât en Europe.

Or, ces données sont actuellement révisées. Des squelettes retrouvés dans deux grottes en Israël, Quafzeh et Shkhoul, indiquent que la lignée de Cro-Magnon occupait déjà le Levant il y a de 90 000 à 100 000 ans. Deux autres grottes, en Espagne celles-ci, l'Arbreda, en Catalogne, et El Castillo, dans les monts Cantabriques, dans les Asturies, viennent de révéler que Cro-Magnon les occupait il y a quelque 40 000 ans. Les travaux qui l'indiquent ont été menés par une équipe de quatre archéologues espagnols et un Américain.

Les nouvelles datations ont été effectuées grâce aux radio-isotopes des restes de charbon de bois trouvés dans les grottes, et par étude des artefacts humains. La production d'outils « des Cro-Magnon », désignée sous le nom d'aurignacien, est très distincte de celle « des Néanderthal », désignée sous le nom de moustérien. L'aurignacien est raffiné, comporte des lames de silex finement travaillées et fait usage de bois de cervidés, d'os et d'ivoire, ce qui n'est pas le cas du moustérien.

Comme l'homme de Cro-Magnon n'est pas passé d'un coup d'Israël à l'Espagne, on peut postuler qu'il a atteint l'Europe il y a quelque 45 000 ans. Cela recule nettement les dates traditionnelles. Il a donc bien coexisté en Europe avec celui de Néanderthal, prolongeant ainsi une familiarité qui remontait bien au-delà, dans le Moyen-Orient. En tout cas, le Paléolithique supérieur a commencé quelque 10 000 ans avant les dates admises jusqu'ici.

Toujours en paléoanthropologie, il faut signaler la découverte, au Fayoum, en Egypte, du plus vieux crâne de primate connu. Il aurait au moins 32 millions d'années. Par la forme du crâne et la formule dentaire, notamment les structures des prémolaires et des molaires, il se rapproche des prosimiens de l'Eocène. **G.M.**

**Les articles de cette rubrique ont été réalisés** par Alexandre Dorozynski et Gerald Messadié. ●

# BARRAGE AU BARRAGE SUR LE DANUBE

*L'opposition des écologistes hongrois a mené à l'interruption de travaux hydrauliques monumentaux sur le Danube.*

PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Au cœur de l'Europe centrale, entre la Hongrie et les républiques fédérales tchèque et slovaque, plus de 100 millions de mètres cubes de terre ont été enlevés le long du Danube, pour creuser le lit d'un lac artificiel et d'un canal, dont les fondations, les renforcements et la couverture ont absorbé près de 10 millions de mètres cubes de béton, de ciment et d'asphalte. Le projet Gabcíkovo-Nagymaros, en construction depuis plus de dix ans, est aujourd'hui quasiment terminé. Il a pour objectif de dévier le cours du Danube pour exploiter l'énergie hydraulique fournie par un débit moyen de 2000 m³ par seconde. Le monument, long de 30 km, est aisément visible des divers satellites d'observation en orbite autour de la Terre. Mais il ne servira peut-être à rien...

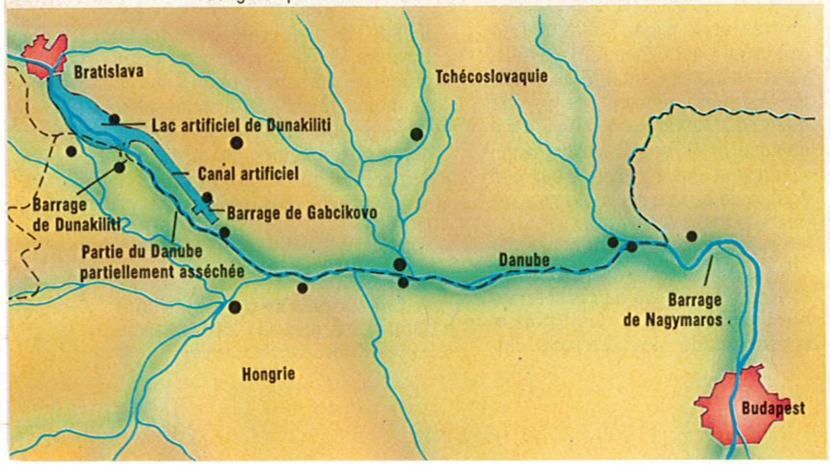
En effet, le gouvernement hongrois, inquiet de ses répercussions possibles sur l'environnement, en a interrompu les travaux. Les partenaires tchèques et slovaques, en revanche, sont décidés à les poursuivre.

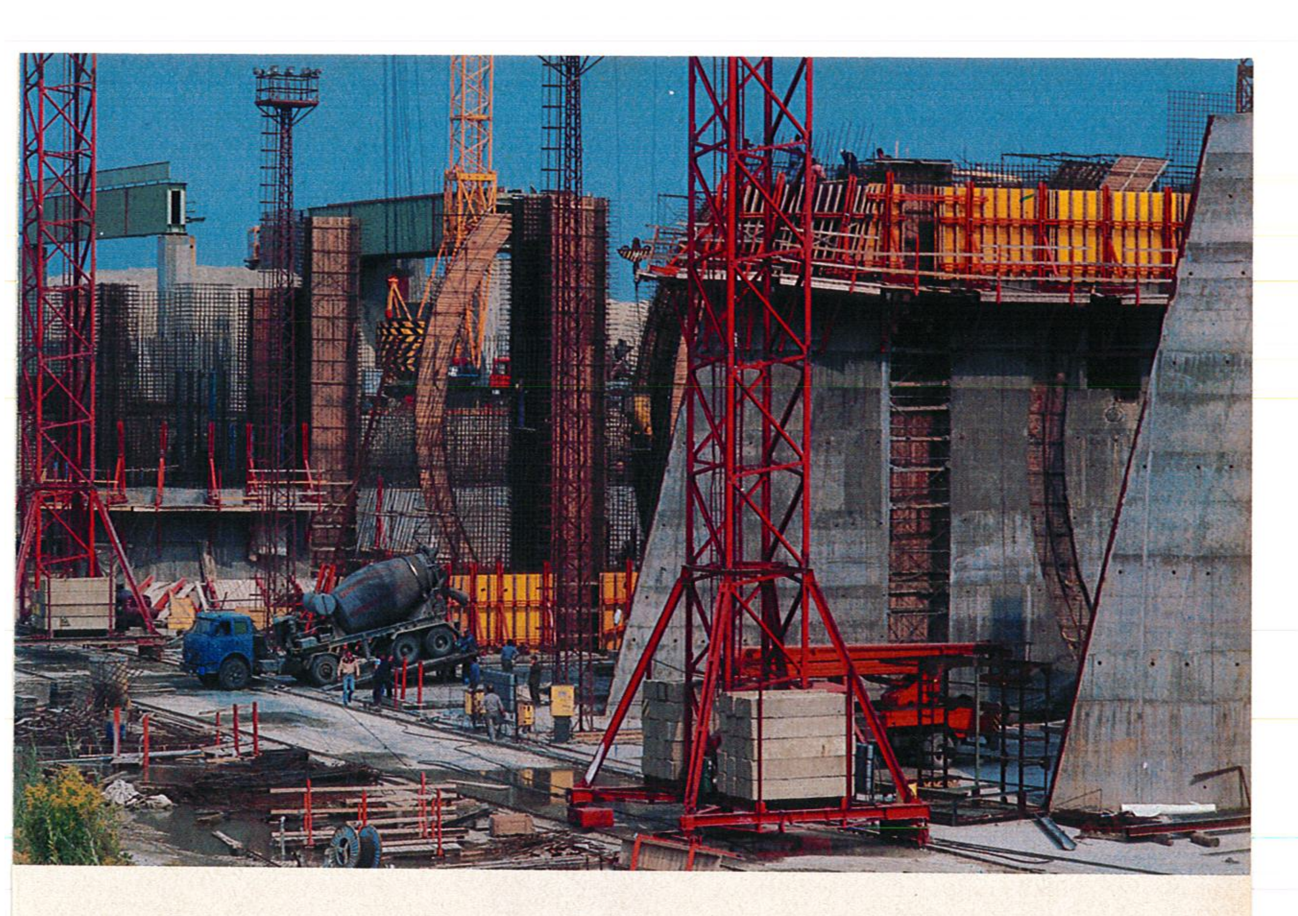
Il y a plus de quarante ans que la Hongrie et la Tchécoslovaquie ont entrepris l'étude d'un vaste projet hydroélectrique sur quelque 200 km du fleuve, entre Bratislava et Nagymaros, bourgade hongroise près de Budapest. En 1977, les deux pays ont conclu un traité prévoyant l'établissement de deux centrales hydroélectriques en aval d'un lac artificiel s'étendant sur une vingtaine de kilomètres de Bratislava à Dunakiliti.

Ce réservoir, d'une surface de 63 km², pourrait contenir 243 millions de m³ d'eau. Seule la partie supérieure, jusqu'à la profondeur de 1 m, serait utilisée pour alimenter aux heures de pointe les turbines de Gabcíkovo, près de Dunakiliti, en Slovaquie. Les eaux du déversoir seraient libérées dans un canal artificiel, long de 25 km et capable de débiter jusqu'à 5 200 m³ par seconde. Le "vieux" Danube, le long du canal, ne recevrait que de 50 à 200 m³ d'eau par seconde et ne serait plus navigable. On y déverserait également, en hiver, la glace formée en surface du réservoir. Un système d'écluses permettrait la navigation sur le lac et le canal, dont la largeur varie entre 300 et 700 m, et dont les berges sont protégées contre les vagues par des murs de béton de 7 à 18 m de haut. Les écluses, longues de 275 m et larges de 34, remplissables en quatorze minutes, permettraient le passage d'un remorqueur avec six péniches d'une capacité de 1 600 tonnes chacune.

Un autre barrage, celui de Nagymaros, en territoire hongrois, serait à son tour doté d'une station hydroélectrique. La centrale de Gabcíkovo aurait une puissance installée de 720 MW, celle de Nagymaros de 158.

**Le Danube y a échappé.** Le gigantesque projet de Gabcíkovo-Nagymaros, interrompu sous la pression des écologistes hongrois, prévoyait, en Slovaquie, un lac artificiel de 63 km² en aval de Bratislava et un barrage à Dunakiliti doté d'une station hydroélectrique. Un canal artificiel de 25 km de long (**ci-dessus**) détournant le cours du Danube devait recevoir les eaux du déversoir des turbines de Dunakiliti pour alimenter un second barrage et sa station hydroélectrique à Nagymaros, en Hongrie. Le projet risquait de bouleverser l'écologie de toute la région concernée, et de défigurer plus d'un site.





Ensemble, les deux installations fourniraient quelque 3,7 millions de kWh d'électricité par an, qui serait partagée entre les deux pays. « Ce sera, dit l'ingénieur consultant Julius Binder (côté slovaque), de l'énergie électrique propre qui soulagerait les centrales thermiques, pour la plupart brûlant du charbon, et surtout du charbon brun, particulièrement polluant. Le barrage offrirait également une protection contre les inondations, qui peuvent affecter jusqu'à un millier de km² dans la région. Le réservoir et le canal permettraient une circulation fluviale ininterrompue — alors qu'actuellement les grosses péniches chargées sont parfois bloquées par les bas-fonds de cette partie du Danube. »

La terminaison du projet Gabcíkovo-Nagymaros et le raccord fluvial Rhin-Main-Danube, prévu pour 1992, permettraient la navigation de la mer Noire à l'Atlantique par le chemin le plus court.

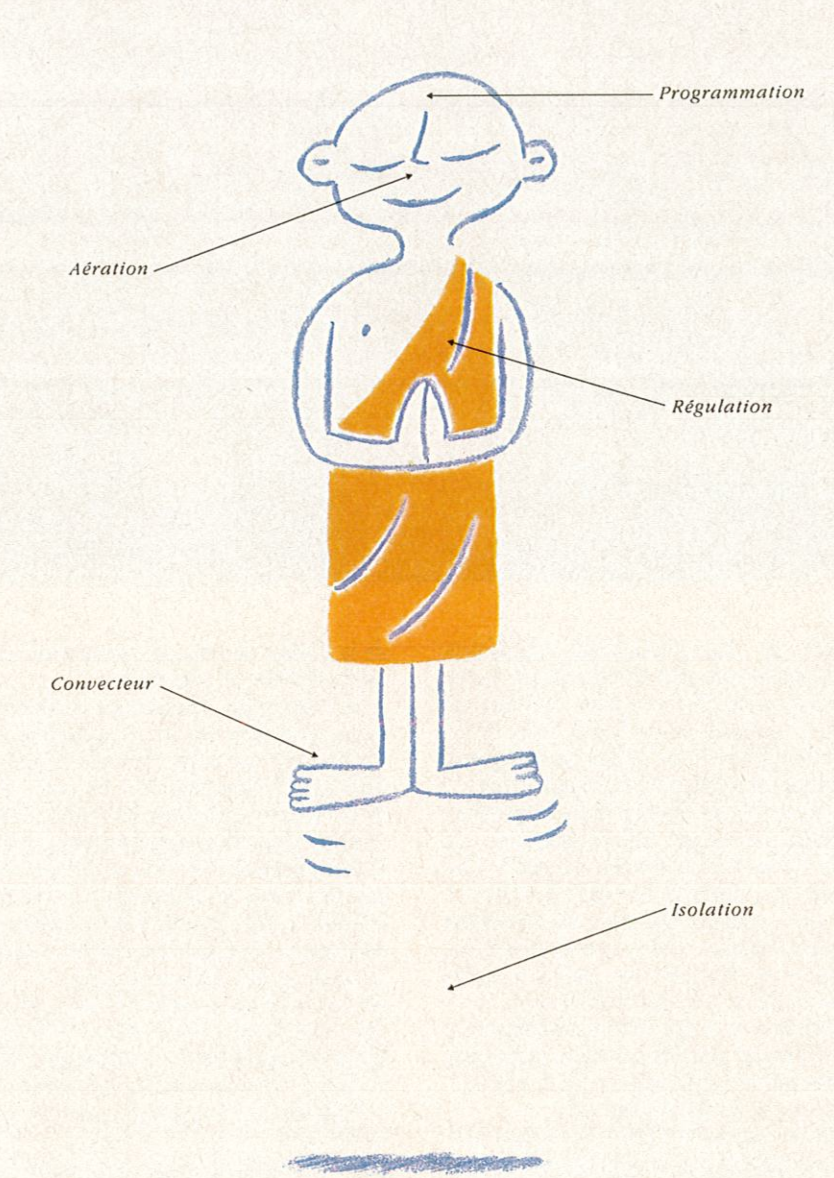
Binder reconnaît que tout projet de barrage comporte des avantages et des inconvénients. Parmi ces derniers, il cite les effets possibles — innondations, notamment — sur l'agriculture et les forêts, et la nécessité de déplacer des populations. Ces problèmes ont été prévus avant la signature du traité.

Mais l'avènement de régimes parlementaires a donné la parole à de nombreux groupes écologiques. En Hongrie, les "bleus" (l'équivalent de nos "verts") ont demandé l'interruption des travaux en attendant que des études de l'impact du projet sur l'environnement soient approfondies. L'académie des Sciences et le ministère de l'Environnement et de la Gestion de l'eau ont reconnu que cet impact avait peut-être été sous-estimé.

En premier lieu, la réduction considérable de la masse d'eau dans l'ancien lit du Danube et le ralentissement de son cours provoqueraient inévitablement un accroissement de la biomasse d'algues et de substances organiques, favorisant le développement de conditions anaérobies dans les sédiments et l'accumulation dans l'eau de diverses substances qui requerraient un nouveau système de traitement de l'eau de ville. Les effets sur les tables aquifères n'ont pas été prévus, notamment en ce qui concerne les réserves qui alimentent quelque 5 millions de personnes en eau potable. En outre, près de Budapest, l'une des plus belles régions touristiques de la Hongrie, irriguée par de nombreuses ramifications du "vieux" Danube, pourrait être affectée.

Tchèques et Slovaques considèrent que l'interruption des travaux représente la rupture d'un traité international et que les bénéfices espérés sont bien plus importants que les inconvénients éventuels. « La nature a toujours changé son visage au cours des temps, dit Binder. Lorsque les changements ne concernent qu'un système hydraulique, la nature en général accepte le nouvel état et s'y adapte... Si les Hongrois persistent, les Tchèques et les Slovaques pourraient bien modifier le projet original, mettre en œuvre un barrage à Gabcíkovo et reléguer le canal de béton au musée des grands projets inachevés. »

**Alexandre Dorozynski**




LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE.

SODEL/BDDP

# *L*E CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE C'EST 5 PRINCIPES FONDAMENTAUX ET INDISSOCIABLES. CE N'EST TOUT DE MÊME PAS SORCIER A COMPRENDRE.

Isolation, aération, régulation, programmation, convecteur, voilà les cinq éléments qu'il faut réunir pour constituer un chauffage électrique.



L'isolation, toujours associée au chauffage électrique, représente pour vous une source de confort et d'économie.

L'aération renouvelle votre air en permanence, ainsi pas de risque de mauvaises odeurs, ni de moisissures. Vous respirez un air sain.



La régulation maintient la température que vous souhaitez grâce à un thermostat électronique sensible au 1/10e de degré près.

La programmation déclenche, arrête ou réduit votre chauffage avec une grande précision aux heures de votre choix.

Le convecteur, partie visible du chauffage électrique, est peu encombrant, sans entretien et de plus en plus esthétique.

En fait, pour comprendre le chauffage électrique, il suffit de savoir compter jusqu'à cinq. Le chauffage électrique est un système performant.



Pour utiliser au mieux toutes ses possibilités, vous pouvez vous procurer des documentations sur l'utilisation et l'amélioration de votre installation de chauffage électrique en écrivant à SATEL EDF - BP 212 - 93523 Saint-Denis Cedex 01, ou sur minitel 3615 ELECTEL.

AUJOURD'HUI PLUS QUE JAMAIS L'ÉNERGIE EST PRÉCIEUSE, PRÉSERVEZ-LA.




ENTRE NOUS, IL A TELLEMENT D'AVANTAGES.

Stratégie

# LE VIF CONTRE LE FIXE



PAR DEFENCE & AEROSPACE PUBLISHING SERVICES, GENÈVE

La stratégie et les tactiques employées par les forces terrestres américaines, britanniques et françaises déployées face à l'Irak sont largement inspirées de celles mises au point par l'OTAN pour contrer une attaque éventuelle du pacte de Varsovie sur l'Europe de l'Ouest. Avec toutefois deux différences essentielles : d'une part les rôles sont inversés, les alliés étant obligés de prendre l'offensive, pour bouter hors du Koweit les envahisseurs irakiens qui s'y sont retranchés ; d'autre part, le terrain et le climat du Golfe ne ressemblent en rien à ceux de l'Europe.

Bien que les chefs alliés dans le Golfe aient dû faire preuve d'imagination pour s'adapter aux nouvelles conditions, la similitude entre les opérations contre les forces irakiennes et les scénarios envisagés pour un conflit Est-Ouest les ont frappés. Comme le pacte de Varsovie, Saddam Hussein possède une large supériorité numérique en forces terrestres ; l'organisation de son armée est calquée sur celle des forces

*Les deux stratégies destinées à s'affronter dans la guerre terrestre au Koweit ont été conçues il y a de nombreuses années pour une guerre en Europe qui n'eut pas lieu. Il s'agit de l'"Air-Land Battle" américaine contre l'"Operativnyi Group" soviétique, à laquelle l'armée irakienne a été entraînée. Deux dogmes militaires diamétralement opposés, qui n'ont jamais, jusqu'ici, eu l'occasion de vérifier leur valeur respective face à face sur le terrain. C'est la lutte du léger contre le lourd, du mobile contre l'immobile, de l'autonome contre le centralisé.*



soviétiques, en particulier en ce qui concerne le commandement, très centralisé ; l'armement et l'équipement sont essentiellement d'origine soviétique ; enfin une bonne part de l'entraînement des troupes irakiennes s'est déroulé sous la supervision d'instructeurs soviétiques.

**La doctrine soviétique.** Par ailleurs, l'armée irakienne a adopté la doctrine soviétique du combat par échelons successifs, avec la garde républicaine, l'élite des forces de Saddam Hussein, jouant le même rôle que les Groupements de manœuvre opérationnels (GMO) soviétiques, blindés et mécanisés. Ces unités "toutes armes", qui possèdent leurs propres hélicoptères, d'attaque ou de transport, sont destinées à porter, depuis leurs positions, en second échelon, des coups décisifs dans la profondeur du dispositif de l'adversaire, une fois que celui-ci a été fixé par les unités de première ligne.

Dans la pratique irakienne, comme dans la pratique soviétique, ces unités de première ligne sont prévues

pour se maintenir sur leurs positions, même au prix de pertes massives (perspective inacceptable dans les armées occidentales). Dans les armées de ces deux pays, les combattants du front qui désobéissent aux ordres et entament une retraite sont purement et simplement exécutés.

Les tactiques adoptées pendant les années 1980 — et toujours en vigueur aujourd'hui — par les armées occidentales pour combattre les forces du pacte de Varsovie numériquement supérieures sont essentiellement inspirées de celles élaborées par le principal partenaire de l'OTAN, les Etats-Unis. La France elle-même, qui a quitté la structure militaire intégrée de l'Alliance atlantique en 1966, a conçu la "Force d'action rapide" (FAR) de façon à pouvoir l'engager — sur ordre du président de la République — en appui d'opérations terrestres menées au Centre-Europe par les Alliés, y compris américains.

**La doctrine américaine** en vigueur est appelée *Air-Land Battle*, ou "bataille aéroterrestre". Cette doctrine est basée sur l'organisation d'unités autonomes de la taille d'une brigade (5 000 hommes) ou d'une division (pas moins de 3 brigades), disposant de leurs propres chars, d'infanterie mécanisée, d'artillerie autopropulsée, d'hélicoptères antichars et d'autres moyens de transport, de batteries mobiles de missiles sol-air, d'unités de combat du Génie et d'unités de soutien, avec un appui-feu aérien fourni par les aviations américaine et alliée.

Les formations de l'armée américaine mises sur pied dans le cadre de la doctrine *Air-Land Battle* sont conçues non seulement pour des opérations défensives, mais aussi pour mener indépendamment — mais dans un schéma d'ensemble — des actions de contre-attaque dans les flancs ou sur les arrières de grandes unités soviétiques en mouvement.

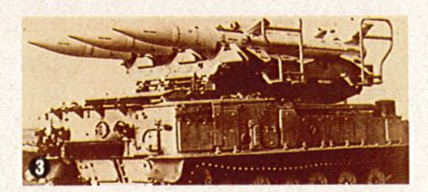
La caractéristique des forces du type *Air-Land Battle* est leur capacité, dans la défensive comme lors de contre-attaques, à agir avec plus de célérité que leurs adversaires, plus largement dimensionnés mais inévitablement moins prompts à la manœuvre. En concentrant un feu extrêmement précis et dense sur des éléments vitaux des formations ennemies, elles peuvent en stopper l'avance.

Ce concept américain, adopté au début des années 1980, repose sur la maîtrise au sein de chaque formation de l'aptitude à la survie (se protéger efficacement contre des attaques conventionnelles, nucléai-

**Le dispositif stratégique de l'armée irakienne** est calqué sur les "Groupes de manœuvre opérationnels" mis au point par les Soviétiques pour défendre l'Europe de l'Est contre une éventuelle attaque des armées de l'OTAN. Il consiste en une première ligne fortement défensive, suivie, 200 km en arrière, d'une seconde ligne dotée d'éléments plus mobiles. Son rôle : défendre la première ligne... tout en lui interdisant de reculer.


1


2


3



**En première ligne**, on trouve des chars lourds ou légers enterrés (**1** — char soviétique T-72), des canons fixes ou mobiles (**2** — canon automoteur 2S3 tirant des obus de 152 mm classiques, chimiques ou nucléaires), des moyens antiaériens enterrés (**3** — missiles sol-air SA-6) et abrités derrière des champs de mines et des réseaux de fortifications.



**Le rôle de l'artillerie est essentiel** en première ligne. Ici des canons de 122 mm soviétiques livrés aux Irakiens.

res, chimiques ou biologiques), de la mobilité à un niveau élevé, et de la capacité à délivrer un feu soudain et dévastateur. L'efficacité de l'ensemble dépend aussi largement de l'existence d'un système de commandement, de transmissions et de renseignement performant (appelé communément système C3I, de l'anglais *Command, Control, Communications and Intelligence system*).

La solution à la plupart de ces besoins opérationnels repose sur le recours à des "techniques de pointe" particulièrement dans le domaine électronique — un domaine où excellent les Américains. Ces techniques ont servi au développement d'équipements à imagerie thermique passifs (1), permettant aux Américains, pour la première fois, de voir sur le champ de bataille sans être vus ; à la conception de capteurs pour la détection des cibles et des systèmes de conduite de tir qui ont pratiquement doublé la précision de certains systèmes d'armes ; au développement des premières générations de missiles ou obus à guidage laser ; et surtout, à la réalisation de systèmes C3I très élaborés qui, grâce aux transmissions protégées et à l'exploration du renseignement en temps réel, donnent aux commandes des formations *Air-Land Battle* les moyens de mettre ce concept en application.

L'apparition du concept *Air-Land Battle* a sérieusement inquiété les Soviétiques, dont la technologie

(1) Tout comme la lumière visible est captée par des appareils photo et vidéo, le rayonnement infrarouge est capté par des dispositifs spéciaux qui les restituent sous forme d'images visibles, riches en détails, qui ressemblent un peu à des négatifs (voir *Science & Vie* n° 881, p. 72 : "L'attaque aérienne comme un jeu vidéo"). Ce rayonnement est émis par tout objet dégageant de la chaleur, que celle-ci soit produite (chauffage, engins motorisés, installations industrielles) ou tout simplement reçue du soleil (bâtiments, sol, trottoirs, etc.). Ces capteurs d'infrarouges n'émettent aucun signal repérable par les systèmes de veille ennemis, discrétion fort appréciée des militaires.

**En deuxième ligne**, apparaissent les hélicoptères lourds, avec une puissance de feu redoutable. Ici, un Mi-24 "Hind-F" avec deux canons de 30 mm. Il peut aussi emporter jusqu'à 12 missiles antichars AT-6 "Spiral".

informatique ou électronique a 10 ou 15 ans de retard sur celle de l'Ouest, au point de leur faire modifier leur propre doctrine et réactiver les GMO de la dernière guerre pour disposer de forces terrestres d'attaque pouvant être lancées depuis les secondes lignes, directement à travers les unités du front déjà au contact des forces de l'OTAN.

Le deuxième échelon d'une armée soviétique est parfois à plus de 200 km en retrait des divisions stationnées le long du front, permettant ainsi aux GMO de se rassembler bien au-delà de la portée maximale des armes sol-sol de l'US Army (y compris du missile sol-sol Lance, de 110 km de portée). Ce deuxième échelon soviétique est également bien protégé contre les attaques aériennes, grâce, selon les Américains, à la plus forte concentration de missiles sol-air jamais réalisée sur le terrain. Même la toute puissante US Air Force ne pourrait se permettre les taux de pertes qu'entraînerait l'envoi d'avions pilotés dans un environnement pareil.

Comment donc les alliés de l'OTAN pourraient-ils empêcher les unités soviétiques de deuxième échelon de rejoindre le front et de venir balayer le maigre rideau défensif de l'OTAN, y compris les unités américaines type *Air-Land Battle* ? Une fois encore la réponse est dans la technologie de pointe. Celle-ci, continuant sur sa lancée de programmes de recherche antérieurs, parfois aidée par le puissant financement consenti pour la "guerre des étoiles", a permis durant l'année 1986 de réaliser plusieurs percées technologiques à quelques mois d'intervalle. Après plusieurs présentations par des experts de l'industrie, l'armée américaine en est arrivée à développer le concept *Follow-On Forces Attack* (FOFA), c'est-à-dire l'attaque des forces de second échelon.

**Les chars ennemis détectés par-delà l'horizon.** Le concept FOFA ne remplace pas la doctrine *Air-Land Battle*, mais la complète. En pratique, l'US Army a ajouté à sa panoplie un nouveau système de missile à longue portée, et un radar aéroporté spécialement conçu pour pouvoir détecter et pister les colonnes de chars ennemies.

Le développement par Grumman et Norden de ce nouveau radar, dit Joint STARS (*Joint Surveillance Target Attack Radar System*), est en cours. L'antenne est montée sous le fuselage d'une version très modifiée du Boeing 707, appelée E-8A. Les avions d'essai ont été déployés en Arabie Saoudite au commencement de la guerre du Golfe. Dès le début, des E-8A ont été employés à la détection et à la localisation des lanceurs mobiles de missiles sol-sol Scud, mais ils ont aussi joué un rôle vital dans l'identification et le pistage des unités terrestres irakiennes dans la zone des combats, transmettant en temps réel leurs informations aux centres de commandement alliés.

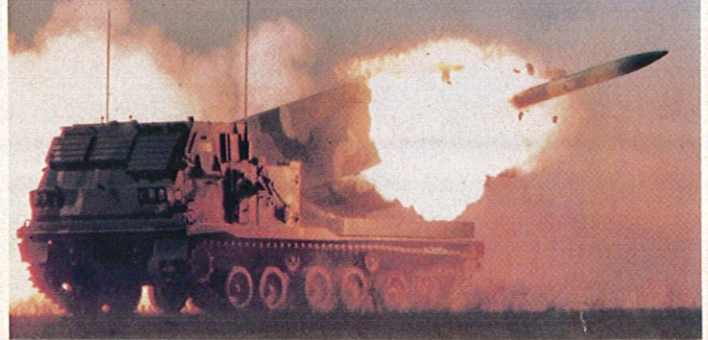
Le nouveau missile sol-sol américain, appelé ATACMS (*Army Tactical Missile System*), dont les premières livraisons sont intervenues l'année dernière, a également été envoyé dans la région du Golfe avant le déclenchement des hostilités. Pour éviter qu'il ne soit identifié par des avions ennemis, des commandos ou des terroristes, il est tiré par le même véhicule lanceur que celui du lance-roquettes multiple MLRS (*Multiple Launch Rocket System*) des forces de l'OTAN, version moderne des "orgues de Staline Katioucha". Un lanceur d'ATACMS tire deux missiles à trajectoire semi-balistique de 200 km de portée au moins (le missile est lancé initialement sur une trajectoire balistique, corrigée en cours de route par l'action des empennages).

**Bombes et sous-bombes "intelligentes".** La première version du missile ATACMS ne contient pas moins de 1 700 sous-munitions double usage type M74. De la taille d'une balle de base-ball, ces grenades à charge creuse et à éclats combinent des effets antiblindage et antipersonnel et peuvent donc décimer des troupes à découvert et des unités de véhicules légèrement blindés. La seconde version, qui est peut-être aussi en Arabie Saoudite, a une portée augmentée de 10 %, une charge militaire plus grosse de 30 %, et une bien meilleure précision. Elle est

**Mobilité, ubiquité, puissance de feu** sont les trois moyens choisis par les Alliés pour percer les premières lignes de la défense irakienne. Le tout avec l'aide massive de l'électronique, illustrée notamment par ce Boieng 707 modifié en E-8A Joint Stars, qui guide des missiles sol-sol ATACMS vers les lignes irakiennes.



**Une pluie de bombes "intelligentes".** Le lance-roquettes MLRS, en service dans les armées occidentales, peut tirer ses 12 roquettes d'une portée de 30 km en moins de 60 s, et se déplacer rapidement pour éviter les contre-bombardements. Ces roquettes peuvent emporter soit 28 mines antichars, soit 644 grenades antichars/antipersonnel, soit 6 "munitions intelligentes" antiblindés. Larguées au-dessus d'une concentration de véhicules ennemis, elles en visent chacune un, guidées par leurs émissions infrarouges.



**Des avions spécialistes antichars.** Grâce à leurs canons Gatling à 7 tubes de 30 mm, les Thunderbolt A-10, bien que de construction ancienne, constituent une force antichar redoutable. Ils peuvent, en effet, tirer 1 350 munitions d'uranium appauvri (plus lourd que le plomb, et non radioactif) à une vitesse réglable entre 2 100 et 4 200 coups/minute. Ils peuvent, en outre, emporter 6 missiles antichars Maverick ou différentes bombes.

conçue pour emporter au moins deux types différents de charges militaires, bien que l'US Army n'ait révélé la nature que d'une seule d'entre elles. Il s'agit d'une tête portant des mini-missiles antichars "intelligents" TGSM (*Terminally Guided Sub-Munitions*) : dispersés à une altitude prédéterminée au-dessus d'un bataillon de chars ennemis, ils détectent les chars grâce à leurs radars millimétriques ou à leurs senseurs infrarouges, puis les attaquent par le dessus, là où le blindage est le plus mince.

Les experts pensent que le ou les autres types de charge militaire peuvent être soit des mines antichars perfectionnées, soit des bombes aérosols (en anglais *Fuel Air Explosive bombs*, ou *FAE bombs*) aux effets dévastateurs. Combinant un formidable effet de souffle à une tempête de feu grâce à une extraordinaire surpression, ces dernières peuvent tout détruire sur une surface de 2 à 3 km², comme une bombe nucléaire tactique, mais avec les radiations en moins. Si une cible est statique, et que sa position a pu être calculée à l'avance grâce aux satellites ou aux reconnaissances aériennes, l'ATACMS peut être tiré directement. A l'inverse, pour tirer sur une cible mobile, un radar aéroporté est indispensable pour pister celle-ci.

L'E-8A, avec son radar Joint STARS, reste dans l'espace aérien ami, mais il opère à une altitude suffisante pour que son radar puisse voir les cibles bien au-delà de la ligne de front, au-delà de l'horizon visible des forces terrestres amies. Après avoir détecté et identifié les formations ennemies de second échelon lorsqu'elles se mettent en mouvement en direction du front, l'avion transmet leur position aux centres de commandement des feux de l'ATACMS. Les missiles

**Comme une bombe nucléaire tactique.** Ce missile conventionnel ATACMS peut contenir la redoutable bombe à effet de souffle, la seule capable de venir à bout des défenses enterrées (et sans effet radioactif). Dans d'autres versions, le missile peut emporter soit 1 700 grenades M74 antiblindés légers/antipersonnel, soit des sous-missiles antichars "intelligents".



sont alors tirés sur la position indiquée. Cependant, compte tenu de la grande portée du tir, les cibles ne sont plus à leurs positions initiales lorsque les missiles arrivent en vue de l'objectif. Le radar aéroporté, lui, continue à pister les cibles, et l'avion envoie en continu des corrections de position aux centres de commandement des feux. Ceux-ci transmettent des ordres de modification de trajectoire aux missiles en vol, de façon à les amener dans une sorte de "panier" au-dessus des chars ennemis. Lorsque les différents missiles atteignent leur "panier" respectif, ils reçoivent l'ordre de larguer leurs sous-munitions. Le résultat ? Selon les experts, les sous-munitions dispensées par un seul ATACMS peuvent, en théorie, mettre hors de combat suffisamment de chars pour stopper un bataillon dans son élan.

Plusieurs armées européennes équipées de MLRS ont exprimé leur intérêt pour l'acquisition d'ATACMS. La France et l'Italie se sont manifestées il y a quelques années en faveur d'une coproduction du système d'arme, et un intérêt similaire est attendu de la part du Royaume-Uni et de la Turquie. L'Allemagne pourrait suivre — tout dépend de l'évolution de sa politique de défense. L'armée française souhaiterait avoir plus de 100 lanceurs ATACMS, ce qui impliquerait la mise sur pied d'un régiment supplémentaire de "lance-roquettes multiples".

**L'Orchidée français dans les sables saoudiens.** Le système de détection que l'armée française souhaiterait utiliser en conjonction avec l'ATACMS est l'Orchidée, de Thomson-CSF, installé sur un hélicoptère Super Puma. Comme le Joint STARS, avec lequel il est "interopérable", le système envoie les informations concernant les objectifs directement sur les écrans couleurs des consoles des postes de commandement concernés. Bien que le programme Orchidée ait été annulé, en raison des coupes budgétaires de l'an dernier, l'armée de Terre française a expédié le prototype (appelé Horizon) en Arabie Saoudite, et espère persuader le ministre de la Défense de relancer le financement du programme. Le radar du système Horizon est capable de détecter des cibles terrestres mobiles jusqu'à 150 km de l'hélicoptère, qui vole, lui, à une altitude de 4 000 m.

Pendant que le second échelon ennemi est stoppé par la frappe des unités créées dans le cadre du concept FOFA, le combat fait rage sur la ligne de front. On ne peut plus parler de front (continu), car les forces alliées mèneront des combats séparés, caractérisés par de rapides mouvements, une grande dépense en munitions et en missiles, et de lourdes pertes. Pour les Alliés, chaque coup tiré compte.

Des pans entiers de leur réseau de transmission de commandement (C3I) si vital peuvent être détruits, les systèmes procéderont automatiquement à la reconfiguration du réseau pour rétablir le maillage. Des postes de commandement mobiles risquent d'être mis hors de combat ; leurs fonctions seront, au pied levé, reprises par d'autres postes déjà reliés au réseau, et ayant utilisé leur capacité informatique pour suivre la situation tactique.

Dans certains cas, les formations alliées se retireront délibérément devant l'ennemi, de façon à l'attirer sur des terrains truffés de mines rapidement semées par des véhicules ou des hélicoptères. Elles laisseront derrière elles, dissimulées, de petites équipes de combattants chargés d'attaquer les chars ennemis par l'arrière, ou d'illuminer par rayon laser les postes de commandement et autres unités vitales de l'ennemi en arrière de ses éléments de tête. La destruction de ces cibles privilégiées sera assurée par des missiles tirés à distance de sécurité (*sand-off*) et attirés par le rayonnement laser réfléchi par la cible illuminée par l'observateur embusqué. Les forces alliées utiliseront également les avions sans pilote (drones) pour cette tâche d'illumination, et pour des missions de reconnaissance avec des caméras de télévision ou à imagerie thermique.

**La formule 1 du désert.** Le char M1A1 Abrams, à blindage double espacé, est propulsé par une turbine à gaz de 1 500 ch. Il atteint 67 km/h. Pour échapper aux tirs ennemis détectés suffisamment tôt, il peut accélérer de 0 à 32 km/h en 6 secondes. Son canon de 120 mm à âme lisse est identique à celui qui arme le nouveau char français Leclerc.



**Le char volant.** Un bon nombre des 535 hélicoptères de combat lourds Apache de l'US Army sont dans le Golfe. En plus de son canon de 25 mm, l'Apache dispose de 38 roquettes et de 8 missiles antichars Hellfire. Ses systèmes TV et infrarouge de navigation et de conduite de tir lui permettent d'opérer de jour comme de nuit à basse altitude.





**L'œil du faucon.** L'armée française a envoyé dans le Golfe "Horizon", le seul prototype de radar héliporté "Orchidée", de Thomson-CSF, afin de persuader le gouvernement, au vu de ses performances, d'en relancer le programme. Emporté par un hélicoptère à 4 000 m d'altitude, il peut voir tous les mouvements ennemis à 150 km à la ronde, et transmettre directement les données codées concernant les déplacements des différentes cibles à des écrans couleurs au poste de commandement au sol.

**L'hélicoptère de combat, arme à tout faire.** Les hélicoptères ont un rôle vital à jouer, non seulement comme remarquables plates-formes antichars, mais aussi comme éclaireurs ou comme moyen de transport pour certaines unités d'infanterie, et pour le ravitaillement en vivres et en munitions. Des véhicules légers, des pièces d'artillerie peuvent également être déplacés à grande vitesse à travers le champ de bataille, de même que le carburant.

Dans certaines circonstances les hélicoptères peuvent être utilisés pour l'assaut, effectuant des sauts de puce par-dessus les obstacles naturels ou artificiels. Dans ces opérations d'"enveloppement vertical", les hélicoptères armés fournissent l'escorte et l'appui feu rapproché pour les vagues d'hélicoptères lourds déversant troupes et artillerie directement sur leurs objectifs. Pendant ce temps, la chasse alliée fournira la couverture aérienne contre les intrusions d'avions de combat ennemis.

Une fois rendues sur leurs objectifs, les troupes d'assaut héliportées devront s'enterrer et attendre des unités plus lourdes, équipées de chars et de véhicules de combat d'infanterie (VCI). Ces dernières sont plus aptes à résister aux contre-attaques de l'ennemi, y compris au pilonnage par l'artillerie qui précède systématiquement toute attaque de l'armée soviétique ou des armées qui la copient.

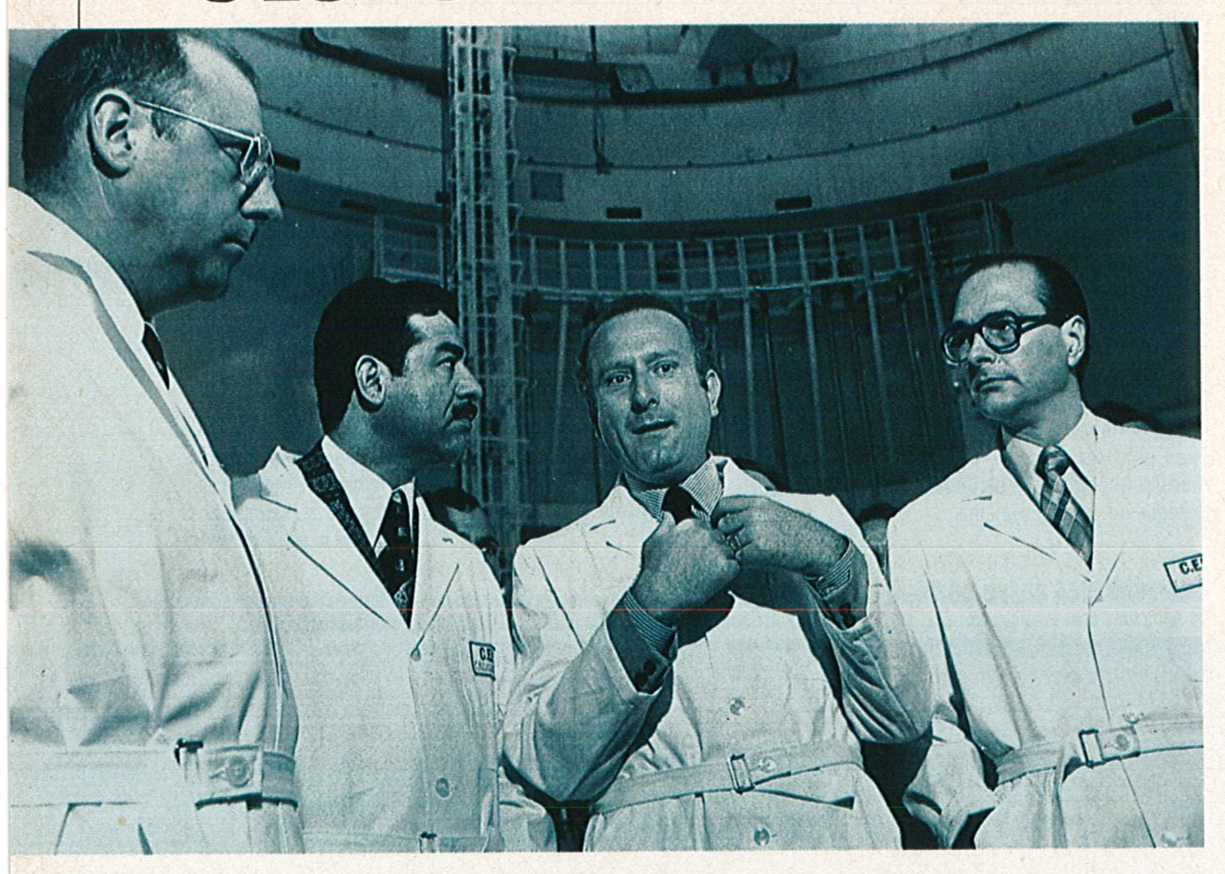
Avec les régiments de l'Air Cavalery américaine, les unités aéromobiles de la Force d'action rapide (FAR) sont toutes désignées pour participer à de telles opérations d'assaut aéroportées, surgissant de nulle part, se disposant en barrage là où on les attend le moins, ou apportant un appui instantané à des unités amies pressées par l'ennemi.

Beaucoup de radars fixes de défense aérienne de l'OTAN seront détruits par la première attaque des avions et missiles ennemis. Ce "gibier au nid" sera remplacé par des radars mobiles de secours. La

(suite du texte page 162)

**Des véhicules passe-partout.** Eléments essentiels de la mobilité, les divisions légères de l'armée américaine sont dotées de véhicules tout terrain Hummer, dont certains sont équipés de missiles antichars TOW et de mitrailleuses.

# SI L'IRAK A LA BOMBE C'EST GRÂCE À LA FRANCE



*L'une des installations nucléaires fournies par la France à l'Irak a démarré en secret en 1987, alors que tout le monde la croyait gelée ou détruite. Est-ce avec l'aide de la France ?... C'est en tout cas la France au premier chef, puis l'Italie et enfin l'Allemagne, qui ont façonné depuis 1975 la puissance nucléaire irakienne. Malgré les raids américains, il reste à l'Irak de quoi faire au moins une bombe A de type Nagasaki.*

L'Irak était-il bien sur le point d'avoir la bombe atomique ? L'avancement de son programme nucléaire a-t-il influencé le déclenchement du conflit actuel ? Et pourquoi plusieurs hommes politiques français ont-ils multiplié, juste avant l'ultimatum du 15 janvier dernier, des déclarations sous-estimant le potentiel nucléaire de l'Irak ? Serait-ce que certains s'en sentent responsables ? Car si l'Irak possédait l'arme nucléaire ou était en bonne voie de l'acquérir, deux pays l'ont considérablement aidé : la France et l'Italie. Et d'autres les ont relayés.

L'ambition nucléaire de l'Irak est ancienne. On peut en dater l'origine à l'entrevue de Jacques Chirac, alors Premier ministre, avec Saddam Hussein à Bagdad en septembre 1974. Le but de l'entretien était l'achat d'un réacteur nucléaire à la France. Les Irakiens ne disposaient alors que d'un petit réacteur de recherche de 5 MW thermiques, IRT-5000, fourni par les Soviétiques et qui fonctionne depuis 1967 ( à cette époque , il n'atteignait que 2 MW).

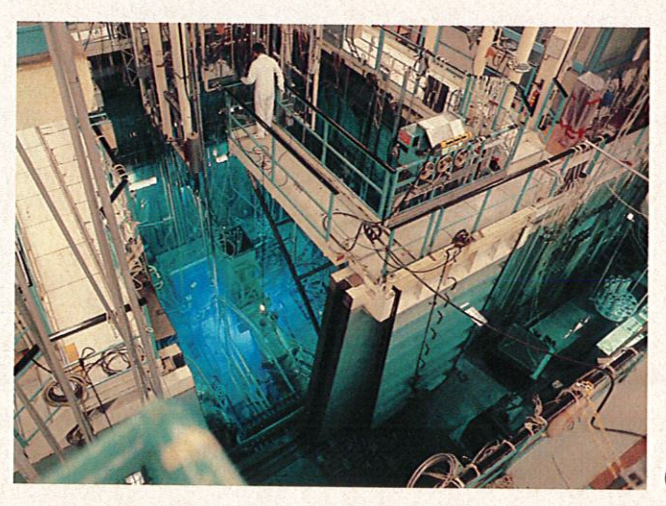
L'Irak, qui semblait connaître quelques difficultés pour obtenir des Soviétiques le modèle supérieur, s'est tout naturellement tourné vers la France, qui l'a reçu à bras ouverts. A l'époque, la concurrence était vive entre les Allemands, les Italiens, les Canadiens et les Français, qui cherchaient tous à caser leurs réacteurs, machines hautement pratiques destinées à produire de l'honnête électricité ou encore à servir de joujoux à des physiciens en mal d'expériences. Cependant, ces marchands n'hésitaient pas, quand le besoin s'en faisait sentir, à vanter la capacité de ces merveilleuses machines à fournir du plutonium. Et pas n'importe lequel : celui de qualité militaire, dont la seule destination est la fabrication de l'arme nucléaire.

Les Français n'en assurent pas moins que les Irakiens ne cherchent qu'à développer un programme nucléaire civil. L'Irak étant riche en pétrole, cette ambition nucléaire ne peut que surprendre. Néanmoins, les négociations se poursuivent. Saddam Hussein vient à Paris en visite officielle, en septembre 1975 ; ce sera son unique voyage en Europe. On en profite pour l'emmener à Cadarache, afin de lui présenter divers réacteurs de recherche. Un accord franco-irakien est signé le 18 novembre 1975. Le modèle de réacteur choisi à cette époque est de type graphite-gaz, filière qui a permis au général De Gaulle de bâtir la force de frappe française ; car ce sont des réacteurs producteurs de plutonium par excellence. M. Chirac accepte de fournir ce réacteur, d'une puissance de 1 500 MW thermiques. Mais le projet échoue : EDF venait entre-temps d'abandonner cette filière, dont il ne reste que deux réacteurs en exploitation en France (au Bugey et à Saint-Laurent-des-Eaux), au profit des réacteurs à eau sous pression, sous licence Westinghouse, qui composent aujourd'hui la quasi-totalité de nos centrales nucléaires. Se remettre à l'ancienne filière, pour le constructeur Framatome, n'aurait guère été rentable.

Toutefois, un an plus tard, le 26 août 1976, l'Irak signe un contrat de plus d'un milliard de francs, portant sur la construction d'un réacteur de recherche de 70 MWth, vingt fois moins puissant que celui auquel on avait renoncé.

Osirak, tel est son nom, est la copie conforme du réacteur Osiris qui fonctionne encore aujourd'hui au centre nucléaire de Saclay, dans l'Essonne. En réalité, Osiris, tout comme Osirak, est constitué de deux réacteurs qui sont des piles jumelles à eau légère, dites "piles piscine", et dont les cœurs baignent dans l'eau d'une piscine au lieu d'être enfermés dans une cuve d'acier comme c'est le cas pour les réacteurs d'EDF. On prétend que chez les jumeaux, il y en a toujours un plus fort que l'autre. C'est ici le cas. La première pile, qui s'appelle Osiris, et a donc donné son nom à l'ensemble du réacteur,

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR



**La bombe sous le manteau.** Le 6 septembre 1975, Saddam Hussein, accompagné de Jacques Chirac, alors Premier ministre, vient à Cadarache choisir son réacteur nucléaire. Celui-ci est destiné officiellement à produire de l'électricité, dont tout le monde sait que l'Irak n'a nul besoin avec la masse de pétrole qu'il tire de son sous-sol. Tout le monde sait également que le président irakien ne s'intéresse qu'à la production "accessoire" de ce réacteur : le plutonium, avec lequel il va pouvoir fabriquer des bombes A.

C'est un réacteur du centre nucléaire de Saclay, Osiris, qui a servi de modèle pour le réacteur irakien Osirak. "Piles-piscine", dont le cœur est facile d'accès, contrairement aux centrales nucléaires d'EDF, Osiris et Osirak permettent toutes les manipulations, et notamment l'introduction d'uranium naturel qui, sous l'action des neutrons, se transforme en plutonium 239, matière première des bombes atomiques.

a une puissance de 70 MW th et sert à l'étude du comportement, sous irradiation à très haut flux de neutrons, des matériaux de structure de centrales nucléaires. Ce réacteur d'Osiris s'inscrit donc tout à fait dans la logique de développement d'un programme nucléaire civil.

En réalité, il présente d'autres avantages. L'ouverture au-dessus du cœur procure un accès direct et permet des manipulations de toutes sortes sans avoir besoin pour cela d'arrêter le cœur. Il est possible, notamment, d'y introduire, dans des logements prévus à cet effet, des matériaux divers qui seront bombardés par le haut flux de neutrons : 400 000 milliards de neutrons à la seconde par $cm^2$.

Or, il suffit de disposer judicieusement autour du cœur une "couverture" d'uranium naturel, celui que l'on raffine à partir des minerais, mélange de beaucoup d'uranium 238 et d'un soupçon d'uranium 235 (moins de 1 %), pour obtenir.... du plutonium 239, avec lequel on fabrique la bombe A. En effet, l'uranium 238 est dit "fertile", car il possède la caractéristique de capturer des neutrons et de se transformer alors en plutonium 239. Selon les sources, la quantité de plutonium 239 que l'on pouvait attendre d'Osirak varie de 2 à 10 kg par an.

Osiris, tout comme Osirak, est donc, comme nous l'avons dit plus haut, doublé d'un réacteur auxiliaire, Isis, qui n'est qu'une maquette, mais en vraie grandeur. Il est destiné à effectuer tous les essais neutroniques relatifs aux configurations du cœur, de manière à réduire au minimum le temps d'immobilisation d'Osiris à basse puissance. Bref, Isis permet, tout comme au théâtre, de faire des répétitions avant la générale. Pour cela, Isis contient la même charge qu'Osiris, mais sa puissance est limitée à 0,8 MW thermique.

*Plus de 100 techniciens irakiens passent par Saclay à la fin des années 1970*

Ces deux réacteurs fonctionnent à l'uranium enrichi à 93 % en uranium 235, le seul isotope fissile, le seul également propice à la fabrication d'armes nucléaires. A ce point du récit, une parenthèse est nécessaire. Pour fabriquer une bombe A, moins complexe que la bombe H ou la bombe à neutrons, on a besoin d'une matière première fissile en quantité suffisante pour déclencher une réaction en chaîne. Deux corps répondent à cet objectif : l'uranium 235 et le plutonium 239. En effet, ce sont des noyaux qui, sous l'action des neutrons, se cassent en émettant 2 ou 3 neutrons qui peuvent à leur tour rencontrer d'autres noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239, qui se cassent à leur tour en émettant 2 ou 3 neutrons. Si l'uranium 235 ou le plutonium 239 sont sous forme d'une plaque de métal, par exemple, la plupart des neutrons se perdent de part et d'autre de la plaque. Mais si, au contraire, ils sont compacts sous forme d'une sphère, les neutrons émis à chaque fission (sauf ceux émis à la surface de la sphère) vont doubler ou tripler le nombre de fissions à chaque génération : c'est la réaction en chaîne et l'explosion garantie. Pour que cette réaction ait lieu, il faut une quantité minimale d'uranium 235 ou de plutonium 239. En effet, si l'on considère, par exemple, une masse donnée d'uranium ou de plutonium, tous les neutrons émis ne sont pas "productifs". Certains s'évaderont et d'autres seront absorbés sans produire de fission. C'est pourquoi il faut rassembler, dans un volume donné, une masse suffisante de matières fissiles pour obtenir un nombre suffisant de neutrons "productifs". Cette quantité, appelée "masse critique", varie suivant la pureté du matériau. Il faut moins de plutonium 239 que d'uranium 235 pour faire une bombe, car la fission du plutonium 239 produit un peu plus de neutrons que celle de l'uranium 235. Ainsi, pour faire une bombe, il suffirait de 15 kilos d'uranium 235 ou de 4,4 kilos de plutonium 239, s'ils étaient purs à 100 %. A 80 %, il faudrait 17 kilos d'uranium 235 et 5,6 kilos de plutonium 239. Ce qui représente, étant donné les densités très élevées de ces matériaux, des sphères de la taille d'un pamplemousse pour l'uranium et d'une orange pour le plutonium. Le principe de la bombe A consiste à rapprocher, au moment voulu, deux masses sous-critiques qui étaient isolées l'une de l'autre. C'est l'explosion garantie dans les deux millionièmes de seconde qui suivent.

En ce qui concerne Osirak, la charge de combustible nécessaire à son fonctionnement est de 13,9 kg d'uranium métal, allié à de l'aluminium et contenant 12,9 kg d'uranium 235. Les 13,9 kg de ce combustible sont donc purs à 93 %. Si l'on s'en tient aux chiffres énoncés plus haut, la masse critique n'est, en principe, pas atteinte, même s'il s'en est fallu de peu. Il faudrait vraisemblablement entre 15 et 16 kg, soit 1 à 2 kg de plus.

Ce point est important car, bien que la France se fût engagée à livrer à l'Irak 80 kg de combustible au moment du démarrage prévu en 1981, soit 6 charges (1), elle n'en livra finalement qu'une seule, à la mi-juin 1980. La France avait, en effet, cédé aux pressions des Etats-Unis, d'Israël, du Quai d'Orsay et de scientifiques indépendants qui s'inquiétaient du risque de prolifération. Du moins officiellement. Car une petite phrase extraite d'un document de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), et passée inaperçue (**voir p. 71**), nous plonge dans un océan d'incertitudes. Ce document dit clairement que le réacteur jumeau d'Osirak, la maquette de type Isis, a démarré en mars 1987. Ce qui prouve qu'il n'aurait pas été endommagé au

(1) La charge devait être renouvelée trois fois par an pour le réacteur principal ; la charge du réacteur auxiliaire, de type Isis, ne s'usant pratiquement pas, n'aurait pas eu besoin d'être changée.



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE
МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

WAGRAMERSTRASSE 5, P.O. BOX 100, A-1400 VIENNA, AUSTRIA
TELEX: 1-12645, CABLE: INATOM VIENNA, FACSIMILE: 43 1 XXXX, TELEPHONE: 43 1 2360 /1
230 7610

SUBJECT: Iraqi Nuclear Facilities

In light of the war in the Middle East, the following notes on Iraqi nuclear facilities may be of interest.

There are no commercial nuclear energy plants in Iraq or any of the Middle East countries. There are two research reactors at the Tuwaitha Nuclear Research Center, about 15 miles from Baghdad.

-- The IRT-5000 is a 5,000 Kw (thermal) pool-type reactor which uses 80 percent enriched uranium. It has been in operation since 1967 except for a period from 1976 to 1978 when it was shut down for alterations.

-- The Tammuz-2 is a 500 Kw (thermal) pool-type reactor which uses 93 percent enriched uranium. It went into operation in 1987.

Because they are both research reactors, it is possible that they operate only several days a week.

In November 1990, the International Atomic Energy Agency conducted an inspection of Iraq's nuclear facilities and issued the following comment:

"Routine safeguards inspections of Iraq's nuclear facilities were carried out in November 1990. Based upon the information collected during these inspections it has been concluded that no change has taken place in the status of nuclear material under safeguards in Iraq since the last inspections which were performed in April 1990. At that time the conclusion was reached that all nuclear material under safeguards was accounted for."

**Les Français ont-ils livré clandestinement** une deuxième charge d'uranium à l'Irak en 1987 ? Ce document émanant de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) prouve que, contrairement à ce qu'on croyait jusqu'à présent (à savoir qu'il n'avait jamais fonctionné), le réacteur jumeau d'Osirak, Tammuz II, a bel et bien divergé en 1987. Avec quelle charge de combustible ? Si les Français n'ont pas fourni une deuxième charge, c'est la charge initialement prévue pour Osirak qui a servi à Tammuz II. En tout état de cause, on ne voit pas comment cela se serait fait sans les Français, qui, selon les clauses de l'accord secret passé avec l'Irak, assuraient leur présence et leur aide jusqu'en 1989.

moment du raid qui, comme nous le verrons plus loin, a détruit Osirak en 1981, ou, autre possibilité, que des équipes (françaises ?) ont réparé les dégâts. Mais le plus important, c'est que, pour fonctionner, ce réacteur a besoin d'une charge identique à celle d'Osirak. Il n'y a donc que deux possibilités : ou la France a livré en cachette une deuxième charge de 13,9 kg d'uranium enrichi à 93 % (qui ne serait pas répertoriée par l'AIEA), ou c'est la première charge initialement destinée à Osirak qui a été introduite dans le cœur du réacteur jumeau en 1987. Dans un cas comme dans l'autre, il est vraisemblable que des équipes françaises sont allées sur place pour surveiller le démarrage. Une des clauses de l'accord secret passé avec la France imposait la présence et l'assistance des Français jusqu'en 1989.

Le réacteur Osirak, cependant, a bien été construit. Des équipes de Technicatome, une filiale du CEA (90 % CEA, 10 % EDF), ont fait la navette pendant 5 ans, tandis que des Irakiens étaient en stage de formation à Saclay. Les techniciens de Saclay se souviennent. C'était le temps de la grande euphorie. Il y avait même une association France-Irak à Saclay, qu'aujourd'hui on répugne un peu à évoquer. « Il y avait en permanence une dizaine d'Irakiens, mais il y en a bien une centaine qui sont passés chez nous », nous a dit un "ancien", qui tient, on le comprend, à l'anonymat. Cette euphorie se trouva tempérée quand l'Irak exigea que les ingénieurs et les techniciens qui lui étaient dépêchés ne fussent pas juifs. Quelques tracts de protestation circulèrent alors à Saclay, mais la construction se poursuivit dans le centre nucléaire de Tuwaitha, à une trentaine de kilomètres au sud-est de Bagdad, où se trouvait déjà le petit réacteur soviétique.

Les Irakiens nomment le double réacteur d'Osirak Tammuz 1 et Tammuz 2, pour célébrer le mois du calendrier arabe durant lequel le régime de Saddam Hussein a pris le pouvoir en juillet 1968.

Technicatome était chargé de la construction, Bouygues assura le gros œuvre, et les Constructions navales et industrielles de la Méditerranée (CNIM), la fabrication du cœur. Saint Gobain-Techniques-Nouvelles fournit des "cellules chaudes de démantèlement", petits laboratoires où l'on peut manipuler, à l'aide de dispositifs télécommandés, des matériaux irradiés provenant du cœur, ce qui eût dû faire dresser quelques oreilles.

L'avancement des travaux inquiéta fortement les pays déjà cités, et d'autant plus que l'Irak ne se contentait pas du réacteur français : en effet, Hus-

sein se dotait d'équipements supplémentaires commandés, cette fois, à l'Italie (qui importe le tiers de son pétrole d'Irak) et qui étaient aussi fortement suspects.

Les négociations avec l'Italie avaient débuté à peu près en même temps que celles qui se déroulaient avec la, France, en avril 1975. Elles aboutirent, en 1976, à un accord de 10 ans avec le CNEN, homologue italien du CEA, qui garantissait à l'Irak de l'aider dans le développement de son programme nucléaire "civil". Les centres nucléaires italiens connurent également leurs lots d'Irakiens en mal de formation.

La société italienne SNIA-Viscosa, qui a construit les deux centres de retraitement d'Italie et un centre en Belgique (Eurochemic), passa un marché avec l'Irak en avril 1976, pour un montant de plus de 1,5 million de dollars. Ce marché couvrait un laboratoire de radiochimie qui devait être installé dans un local que les Soviétiques avaient auparavant équipé en laboratoires chimiques, vraisemblablement sur le centre de Tuwaitha, où se construisait Osirak. A l'intérieur de deux grandes salles de 400 à 500 m², la firme italienne disposa trois "cellules chaudes" reliées entre elles. Ces laboratoires de 2 m × 1,5 m × 1,4 m sont, nous l'avons vu, entourés de blindages de plomb, qui arrêtent les rayonnements. Ils comprennent 10 "boîtes à gants", sortes d'ouvertures fermées par des vitres au plomb, d'où l'on peut commander les opérations



**L'assassinat mystérieux** à Paris, en 1980, de ce physicien égyptien, conseiller nucléaire de l'Irak, fut l'un des épisodes de la guerre secrète menée contre l'armement nucléaire de l'Irak, et digne des meilleurs romans d'espionnage.

**La matière fissile destinée à la bombe** est extraite du réacteur derrière les blindages de plomb des "cellules chaudes", comme celles vendues à l'Irak par l'Italie. Des bras manipulateurs sont télécommandés de l'extérieur, à travers des "boîtes à gants", sortes d'ouvertures fermées par des vitres au plomb.



effectuées à distance par des bras téléguidés. Bref, tout ce qu'il fallait pour manipuler en toute sécurité du matériel hautement radioactif, même si les quantités ne pouvaient être considérables. Les premiers travaux furent terminés en 1978.

Ce premier marché fut suivi d'un autre, plus important, passé le 10 février 1978, toujours avec la SNIA-Viscosa, devenue SNIA-Techint. Participait également à ce chantier la firme italienne Ansaldo Meccanico Nucleare. Ce marché-là visait à construire quatre laboratoires supplémentaires, sans protection de plomb cette fois (des laboratoires "froids"), et dont la construction devait s'achever fin 80 début 81. Ces laboratoires de radiochimie, dont un permettait de transformer l'uranium naturel ou faiblement enrichi en oxyde d'uranium, devaient apprendre aux Irakiens à maîtriser le cycle du combustible.

Les cellules chaudes auraient en tout cas permis d'extraire le plutonium du combustible irradié d'Osirak, ainsi que d'une éventuelle "couverture" d'uranium naturel disposée autour du cœur. Pas plus de 300 ou 500 g par an, prétendent les responsables de SNIA-Techint. 5 à 10 kg par an, objectent les Américains. Or, il suffit de 5 à 8 kg sous forme métal, c'est-à-dire très pur, pour fabriquer une bombe du genre de celle de Nagasaki.

Comment expliquer que la France et l'Italie aient autant facilité l'armement nucléaire de l'Irak ? C'est que ce pays les avait appâtées avec d'autres marchés très profitables, la prime en quelque sorte. Les Français pourraient ainsi vendre des tanks et des armes en tout genre. Les Italiens, eux, avaient obtenu début 80 une commande de 11 navires de guerre, frégates et corvettes lance-missiles. Marchés qui se chiffraient en milliards de dollars !

Quant aux Américains, leurs réserves et admonestations ne les empêchèrent pas d'autoriser la General Electric à fournir les turbines à gaz des quatre frégates.

Quand on fabrique une bombe, il faut aboutir à l'un des deux corps fissiles de rigueur : l'uranium 235 ou le plutonium 239, et les plus purs possible ; donc sous forme métal.

Pour y parvenir, plusieurs voies sont possibles. Pour l'uranium 235, qui existe dans la nature à des concentrations extrêmement faibles, une méthode consiste à débuter avec des minerais terrestres, à les raffiner (on obtient du *yellow cake*) et à en extraire l'uranium, grâce à des procédés assez lourds comme la centrifugation ou la diffusion par voie gazeuse. Ces procédés obligent à passer par

des paliers de concentration de plus en plus élevés. Une autre méthode est d'extraire l'uranium 235 des combustibles destinés au cœur des réacteurs nucléaires avant usage, ce qui ne demande que des manipulations assez simples de physique et de chimie, comme des découpages mécaniques, des dissolutions à l'acide, etc., qui auraient pu s'effectuer dans les laboratoires "froids" fournis à l'Irak par l'Italie. Avant de fonctionner dans le cœur, le combustible n'est, en effet, que très légèrement radioactif. En revanche, si le cœur a fonctionné, des éléments très radioactifs, comme le césium 137, l'iode 131, le strontium 90, sous-produits de la fission, s'accumulent et rendent les manipulations plus compliquées. Elles auraient néanmoins été possibles à l'intérieur des cellules "chaudes" blindées.

Pour le plutonium 239, qui n'existe pas dans la nature, il y a deux méthodes, qui passent toutes deux par le cœur d'un réacteur. En effet, en plus de l'uranium 235, le combustible nucléaire contient généralement un pourcentage important d'uranium 238 (ce qui n'est pas le cas, nous l'avons vu, d'Osirak), qui peut être transformé en plutonium 239. Pour le récupérer, il suffit de l'extraire à l'intérieur des cellules "chaudes" déjà mentionnées. Notons que certains combustibles (c'est le cas pour les surgénérateurs) contiennent déjà du plutonium. Tant que le réacteur n'a pas fonctionné, on peut extraire, moyennant des précautions, ce plutonium (comme c'était le cas pour l'uranium 235) dans les laboratoires "froids". La seconde méthode consiste à fabriquer directement du plutonium dans le cœur, en plaçant dans ce dernier de l'uranium naturel, c'est-à-dire à fort pourcentage en uranium 238, voire de l'uranium naturel appauvri, qui est de l'uranium 238 presque pur. Pour récupérer le plutonium 239 qui se formera après irradiation, il faudra également passer par les cellules "chaudes".

*Le deuxième réacteur livré par les Français a démarré en cachette en 1987*

L'avancement de l'Irak vers l'arme nucléaire s'affirmait dans l'achat de grosses quantités d'uranium naturel, dont l'usage était inexplicable dans un programme civil. En janvier 1980, l'Irak signa un accord de coopération avec le Brésil (dont 40 % des importations de pétrole viennent d'Irak), portant sur la fourniture d'uranium naturel. En mars 80, un

**Osirak, pièce maîtresse du programme nucléaire irakien**, était prête à démarrer en septembre 1981, mais des chasseurs-bombardiers non identifiés la détruisirent le 7 juin 1981, au cours d'une opération qui fut baptisée "Babylone". Les Israéliens revendiquèrent aussitôt cette attaque.



contrat avec le Portugal officialisait une commande de 138 t de *yellow cake*, un concentré d'uranium naturel. Début 80 également, l'Irak commanda en Allemagne, à l'époque RFA, un peu plus de 11 kg de "barres" de combustible en uranium naturel appauvri, c'est-à-dire de l'uranium 238 presque à l'état pur, qui ne peut avoir que deux usages : servir de lest pour un voilier (comme pour la quille du bateau de Tabarly), ou servir de "couverture" dans le cœur d'un réacteur pour obtenir du plutonium militaire. Signé avec la firme Nukem, ce contrat tomba à l'eau lorsque les filiales américaines et canadiennes de cette firme se virent refuser par leurs autorités respectives les licences d'exportation. Il semble toutefois que la RFA ait réussi à vendre à l'Irak, en 1981, 10 t d'uranium naturel appauvri. Début 81 également, l'Irak grossit encore son stock d'uranium naturel avec 100 t qui viennent du Niger.

*Les Irakiens demandent aux Français de leur construire un réacteur souterrain*

Si l'on ajoute les négociations secrètes menées en Italie en 1981 pour obtenir une centrale nucléaire à eau lourde, productrice de plutonium, ainsi qu'une unité pilote de retraitement, le doute n'était plus permis. Ce qui explique sans doute le flot d'événements qui se sont produits durant cette période, dignes des meilleurs romans d'espionnage.

Le premier, spectaculaire, fut l'explosion, le 6 avril 1979, du double cœur d'Osirak dans le hangar n° 3 des Constructions navales et industrielles de la Méditerranée, à La Seyne-sur-Mer, près de Toulon. Les cœurs des réacteurs jumeaux devaient être embarqués dans les 48 heures. Tout le monde fut soupçonné : l'extrême-gauche, les Palestiniens, la CIA, les Iraniens, les Syriens, le Mossad et même les Français. Cette dernière hypothèse n'est pas farfelue car, depuis la fin de 1977, les Français s'efforçaient de faire accepter aux Irakiens un autre combustible que celui prévu initialement. Il s'agissait du combustible nommé Caramel, qui ne contient que 7 % d'uranium 235 au lieu de 93 %.

Précisons que la substitution au profit de Caramel n'aurait pas fait disparaître le risque de prolifération comme les Français aimeraient à le faire croire avec la plus grande hypocrisie. En effet, cette substitution ne comportait qu'un seul point positif : les charges de combustible Caramel qui auraient été livrées aux Irakiens auraient, certes, contenu environ dix fois moins d'uranium 235 ; mais rien n'aurait, en revanche, empêché les Irakiens de disposer une "couverture" d'uranium naturel dans le cœur pour produire du plutonium. Par ailleurs, il aurait été beaucoup plus difficile (mais pas impossible) de récupérer le plutonium du combustible irradié en raison de sa très forte radioactivité. L'utilisation de Caramel aurait demandé quelques aménagements sur le cœur, ce qui aurait retardé les délais de livraison prévus. De toute façon, à l'époque, les Français avaient beau discourir, les Irakiens ne voulaient pas de Caramel. De là à penser que la destruction du cœur aurait pu les amener à changer d'avis...

Ce ne fut pas le cas. Et les Français durent réparer les dégâts, et en quatrième vitesse, paraît-il. Six mois plus tard, les cœurs étaient prêts à être embarqués, mais n'auraient jamais été autorisés à démarrer s'ils avaient été destinés à la France, du moins selon les techniciens ; il eût mieux valu en construire des neufs ! Néanmoins, Raymond Barre, alors Premier ministre, garantit officiellement la marchandise pour 7 ans. et cela à l'étonnement général ! En tout cas, la garantie devait être sans effet, car le compte à rebours d'une opération baptisée Babylone, qui devait détruire Osirak le 7 juin 1981, avait déjà commencé.

La guerre secrète se poursuivit par l'assassinat, le 14 juin 1980, à l'hôtel Méridien, à Paris, du Dr Yahya el-Meshad. Ce physicien nucléaire égyptien travaillait pour les Irakiens et venait justement de vérifier, comme il était prévu dans les clauses du contrat, le premier chargement de combustible d'Osirak à Saclay, qui partit pour l'Irak dans les jours suivants. Mais pourquoi donc les Français avaient-ils emmené el-Meshad à Cadarache et à Pierrelatte ? Etait-ce en vue d'autres livraisons à l'Irak ?
Le meurtre de el-Meshad fit une victime annexe. La police retrouva dans la chambre 9041 du Méridien une serviette tachée de fond de teint et finit par retrouver une prostituée qui nia être allée dans la chambre de l'Egyptien, mais reconnu l'avoir abordé et suivi jusqu'à sa porte. A ses dires, elle était juste restée un moment dans le couloir. Mais quand la police voulut l'interroger à nouveau, un mois plus tard, ce fut trop tard : la jeune femme avait été renversée et tuée par une voiture à St-Germain-des-Prés. Sans doute en savait-elle trop.

En août, les bureaux de SNIA-Techint et le domicile du directeur de la firme furent plastiqués ainsi que, le même jour, le domicile d'un libraire de St-Germain-en-Laye. Il s'agissait en fait d'une erreur. La personne visée était son homonyme, Jean-Jacques Graf, haut responsable de Technicatome, directeur du projet Osirak. Les techniciens reçurent des lettres de menaces anonymes. Venaient-elles du Comité de soutien à la révolution islamique, du Mossad ? D'autres services secrets ?

L'escalade se poursuivait, au début de la guerre Iran-Irak, avec la destruction partielle d'Osirak le 30 septembre 1980. La centrale fut atteinte par l'une des roquettes lâchées par deux chasseurs bombardiers Phantom F4, non immatriculés... Les dégâts furent légers : le dôme du réacteur avait peu souffert, ainsi que le système de refroidissement, et les

ingénieurs pensaient les dommages réparables.

L'avalanche d'attentats découragea un certain nombre de techniciens de retourner en Irak, et il faudra toute la pugnacité de Technicatome, assortie de menaces de renvois, ou de promesses de primes, pour les convaincre d'y travailler. On apprendra plus tard que l'accord secret liant cette compagnie à l'Irak garantissait la maintenance et l'entretien d'Osirak jusqu'en 1989...

Mais, le 7 juin 1981, le second raid sur Tuwaitha, baptisé opération Babylone et officiellement attribué aux Israéliens, détruisit, pour de bon cette fois, le réacteur Osirak. Les Américains ont-ils prêté la main à cette opération ? Des articles scientifiques, parus à l'époque dans la revue du centre de recherche nucléaire de Los Alamos, présentaient en tout cas des types nouveaux de roquettes capables de traverser une grande épaisseur de béton avant d'exploser, comme ce fut le cas ici. Autre coïncidence : le Premier ministre israélien, Menahem Beguin, avait rencontré le président égyptien Anwar el-Sadate trois jours avant le raid.

Les Français traînaient les pieds : la deuxième charge d'Osirak, destinée à sa maquette sœur, dont

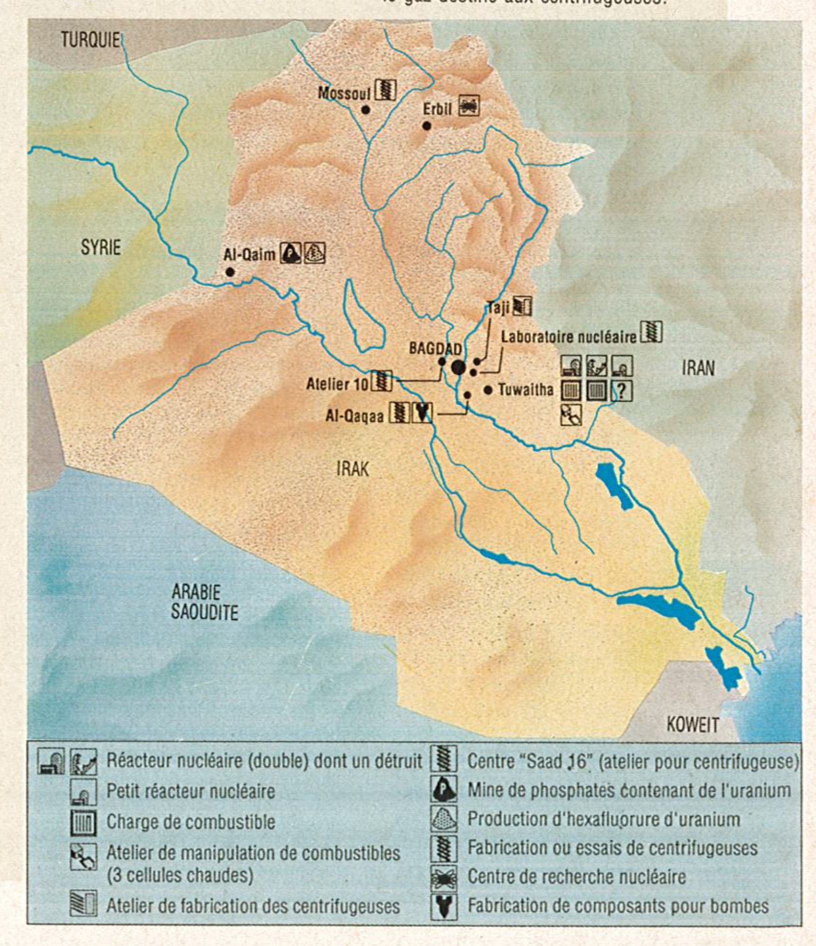
## LES SITES NUCLÉAIRES DE L'IRAK SONT EN PARTIE SECRETS

Nous avons essayé d'en reconstituer l'inventaire sur cette carte. Tous les centres qui sont soupçonnés de participer au développement de la technique d'enrichissement de l'uranium 235 par ultracentrifugation y figurent.

- **Tuwaitha** : c'est le principal centre nucléaire d'Irak. Il abrite le réacteur Tammuz I, alias Osirak, fourni par la France et détruit par le raid de juin 1981. Le petit réacteur de recherche Tammuz II, jumeau d'Osirak, s'y trouve aussi. Sa puissance est moindre (0,5 MW thermique). Il fonctionne en secret depuis 1987. On y trouve aussi un petit réacteur de recherche soviétique IRT-5000 de 5 MW thermiques. Depuis novembre, on est sans nouvelles des charges de combustible destinées à ces réacteurs et qui peuvent servir à fabriquer une bombe.

C'est sur ce site que se trouvent également les trois "cellules chaudes" fournies par l'Italie, ainsi qu'une quatrième associée au réacteur soviétique, qui permettraient de récupérer les matières fissiles dans les combustibles irradiés. On y trouve enfin un laboratoire de radiochimie, où les Irakiens pourraient produire de l'uranium naturel à partir des minerais, ainsi qu'un atelier pour produire de l'uranium appauvri. Bref, un complexe destiné à maîtriser le cycle du combustible.

- **Taji** : cet énorme complexe militaire et industriel qui fabrique des armes dispose de tout un arsenal pour la métallurgie. On pense que c'est là que se prépare la fabrication des centrifugeuses elles-mêmes.
- **Atelier 10** : cette usine d'armes fabriquerait certains composants des centrifugeuses.
- **Laboratoire nucléaire** : ce laboratoire secret situé dans les quartiers sud-est de Bagdad est tout récent. On y ferait des essais sur des unités-pilotes de centrifugeuses.
- **Al Qaqaa** : c'est dans cette base militaire que l'on conçoit des armes ultrasecrètes et que devaient être livrés les condensateurs bloqués à Londres par les douanes alertées par leurs confrères américains. Là, se fabriquent ou s'assemblent les composants destinés à la bombe.
- **Mossoul** : c'est le siège du mystérieux centre "Saad 16" où s'effectueraient également des recherches sur la centrifugation.
- **Al Qaim** : contrairement aux affirmations lancées par la presse, il n'y aurait pas de mines d'uranium mais de phosphates contenant de l'uranium. L'uranium extrait serait transformé en *yellow-cake* (voir texte). Et on pense que c'est là que se situerait l'atelier de fabrication d'hexafluorure d'uranium, le gaz destiné aux centrifugeuses.



l'envoi avait été prévu pour fin mai, ne quitta pas la France à l'heure dite. Cela se conçoit : la date était fatidique pour les Israéliens ; ils devaient à tout prix bombarder Osirak avant qu'il ne divergeât, c'est-à-dire que le cœur ne commençât à fonctionner, ce qui était prévu pour septembre 81, sinon Israël eût contrevenu aux règles internationales de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), qui interdisent de bombarder des installations nucléaires. Osirak, en effet, pouvait être considéré comme non nucléaire tant que son cœur ne contenait pas de combustible.

Les Irakiens demandèrent aux Français de leur reconstruire un réacteur, mais sous terre cette fois, et dans une région rocheuse. Mais il semble que le président Mitterrand ait alors été sensible aux arguments présentés par un groupe de scientifiques, notamment à l'étude publiée en 1981 par la revue *les Temps modernes* et rédigée par trois physiciens nucléaires, Georges Amsel, Jean-Pierre Pharabod et Raymond Sené. Néanmoins, s'il s'avérait que les Français ont bien livré une 2e charge, ou aidé au démarrage du réacteur jumeau d'Osirak en 1987, on est en droit de se poser des questions sur la sincérité du gouvernement. Le CEA, via Technicatome, aurait-il pu faire cavalier seul ?

Que reste-t-il aujourd'hui des installations nucléaires ? Si l'on s'en tient aux déclarations des Américains, leurs récents bombardements auraient détruit la capacité nucléaire de l'Irak. Les trois réacteurs de recherche, Tammuz I (Ozirak), Tammuz II, et le petit réacteur soviétique (arrêté de 1976 à 1978 pour passer de 2 MW à 5 MV, et plus récemment au cours des bombardements), auraient été atteints.

Il reste néanmoins en Irak la première charge destinée à Osirak, soit 13,9 kg d'uranium 235 sous forme métal, enrichi à 93 %, que les Français avaient mise à l'abri après le premier raid de septembre 1980, et qui est peut-être aujourd'hui dans le cœur du jumeau d'Osirak. Sinon il y a une seconde charge identique à la première, ce qui augmenterait le potentiel nucléaire de l'Irak. A cela s'ajoutent au moins 10 kg d'uranium enrichi à 80 % fournis par les Soviétiques et destinés au petit réacteur IRT-5 000. Ces 10 kg sont sous forme d'oxyde d'uranium. Si les Irakiens voulaient réunir les deux chargements pour fabriquer une bombe, il leur faudrait d'abord réduire l'oxyde en métal afin de le mélanger à la charge d'Osirak, ce qui n'est pas une opération très compliquée, bien que la charge d'Osirak ait été légèrement irradiée durant 2 à 4 jours, dans le cœur d'Isis à Saclay, avant de partir pour l'Irak.

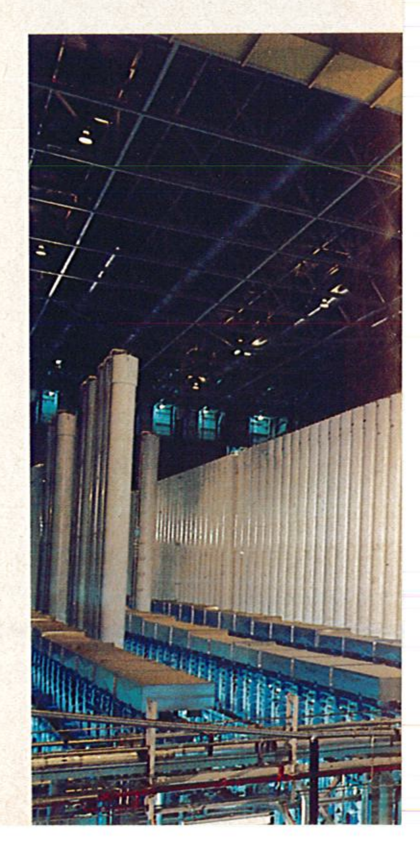
Avec cette vingtaine de kilos d'uranium 235 hautement enrichi, l'Irak peut-il fabriquer une bombe ? Les spécialistes sont partagés. Théoriquement, l'Irak peut faire une bombe, puisqu'il suffit de 17 kg d'uranium 235 pour atteindre la masse critique. Mais au moment de la fabrication, les pertes en uranium peuvent atteindre jusqu'à 20 %, soit 4 kg dans ce cas. Bref, la marge est bien étroite pour savoir si l'uranium des Irakiens atteint une masse critique ou sous-critique.

D'autant plus que des informations inquiétantes de dernière minute bouleverseraient totalement le raisonnement énoncé ci-dessus. En effet, selon certaines sources confidentielles, la quantité d'uranium enrichi fournie par l'URSS serait en réalité supérieure à 15 kg : en plus des 5 kg (on parlerait même de 10) contenus dans le cœur, il y aurait eu, avant un probable déplacement, plus de 10 kg stockés dans des bâtiments annexes au réacteur.

Le monde entier est anxieux de savoir ce que sont devenues ces cargaisons. Elles sont en principe sous la garde de l'AIEA, l'agence de Vienne qui dépend de l'ONU. Est-ce pour brouiller les pistes

## La dernière trouvaille de Saddam Hussein

Pour obtenir de l'uranium 235, qui sert à fabriquer des bombes, on peut partir de l'uranium naturel. Ce métal est un mélange de deux isotopes de l'uranium, en proportion très inégales. Il contient plus de 99 % d'uranium 238 qui n'a pas d'utilité immédiate, et moins de 1 % d'uranium 235 qui est, lui, fissile. Une des méthodes pour récupérer cette infime fraction consiste, après avoir gazéifié l'uranium naturel, à le faire passer successivement dans des centaines de centrifugeuses qui tournent à 60 000 tours par minute (ci-contre, à titre d'exemple, celles d'une usine d'enrichissement à Portsmouth, dans l'Ohio, qui a, d'ailleurs, été arrêtée en 1985). La force centrifuge entraîne les atomes les plus lourds vers la périphérie, permettant de récupérer de l'uranium 235 à chaque étape, à une concentration de plus en plus élevée. Grâce à des firmes allemandes, Saddam Hussein était sur le point de se doter, dans le plus grand secret, de telles installations qui conduisent directement à l'arme nucléaire.



que Saddam Hussein avait en effet accepté de signer le traité de non-prolifération, en vigueur depuis le 5 mars 1970 ? La France, elle, ne l'a pas signé ! La ratification par l'Irak autorisait les visites d'inspecteurs de l'AIEA. En réalité, ce système de sauvegarde est bourré de failles, comme l'explique Roger Richter, un ancien inspecteur de l'AIEA. Les inspections menées en Irak, au rythme de trois par an, étaient dévolues à des Soviétiques ou à d'autres citoyens d'Europe de l'Est, les Etats ayant plein pouvoir pour prononcer un veto contre des inspecteurs venant d'un pays qu'ils n'agréent pas.

Avant de se présenter, l'inspecteur "accepté" doit prévenir le gouvernement du pays concerné plusieurs semaines à l'avance et obtenir un visa ; ce pays peut accepter ou refuser la date prévue. Or, un réacteur de recherche peut être vidé de ses charges d'uranium clandestin en quelques jours seulement. De plus, même si l'inspecteur relève des bizarreries, comme des stocks d'uranium naturel suspects, il n'a aucun pouvoir pour intervenir si ce stock ne figure pas sur la liste qui lui a été remise et qui comporte les installations que le pays a bien voulu lui signaler. Il faut ajouter à cela la difficulté pour un inspecteur de faire une conclusion défavorable avec tout ce que cela pourrait entraîner comme conséquences pour les relations à venir de son pays avec le pays en question.

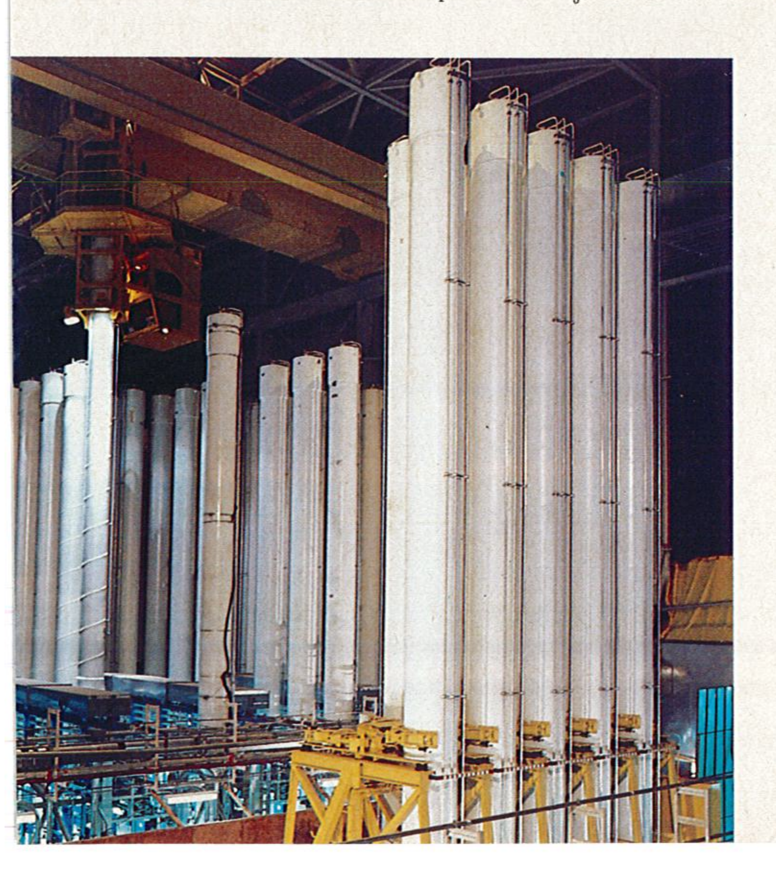
Dans le cas de l'Irak, la dernière visite de l'AIEA remonte au 19 novembre 1990, date à laquelle les deux stocks d'uranium 235 ne semblaient pas avoir bougé de place depuis l'inspection précédente, en avril 1990. Depuis cette date, en revanche, c'est l'incertitude totale, malgré les appels lancés à l'Irak par l'AIEA.

Fait curieux : pour la première fois, l'Irak avait demandé à l'AIEA, après ses deux dernières inspections, de faire un communiqué officiel pour affirmer que les stocks n'avaient pas bougé. Précisons que les deux inspecteurs chargés du contrôle sont l'un soviétique et l'autre nigérien (le Niger, rappelons-le, fait partie des pays qui ont livré de l'uranium naturel à l'Irak). Mais, depuis cette date, l'Irak a eu tout loisir de décharger les réacteurs et de mettre les stocks à l'abri.

*Pour faire une bombe A il ne manquerait au maximum à l'Irak que de 1 à 2 kg d'U235 pur*

Les Américains auraient également détruit quatre laboratoires nucléaires. L'un à Taji, au nord de Bagdad, où se situait, paraît-il, un atelier clandestin de fabrication de centrifugeuses, et un autre sur le centre militaire d'al-Qaqaa (***voir carte page 75***).

Pour se procurer l'arme nucléaire, Saddam Hussein avait en effet décidé de miser sur tous les tableaux. Il avait même essayé d'acheter du plutonium 239 "prêt à l'emploi", matériau stratégique par excellence qui ne peut s'obtenir qu'au marché noir, mais qu'il est difficile d'acquérir, les Etats étant fort jaloux de leurs stocks personnels.



Mais il n'y a pas que le plutonium ! L'uranium 235 fait aussi l'affaire. L'une des filières pour obtenir de l'uranium 235 hautement enrichi consiste, nous l'avons dit précédemment, à le fabriquer à partir de l'uranium naturel en le concentrant au fur et à mesure de manipulations qui ne sont pas dangereuses — l'uranium 235 n'étant pas très radioactif — mais qui demandent une technique très complexe.

L'enrichissement de l'uranium peut se faire de plusieurs façons. Les Français ont choisi, avec le procédé Eurodif, la voie par diffusion gazeuse. Mais on peut également préférer l'ultracentrifugation. Il faut d'abord transformer l'uranium en gaz, à

(suite du texte page 165)

# RENDEZ-VOUS ÉCLAIR DANS LE CIEL

*L'antimissile Patriot dispose de moins de 6 minutes pour détecter l'arrivée d'un missile Scud, partir à sa rencontre, le croiser à moins de 20 m de distance et à plus de 5 000 km/h de vitesse relative, le toucher au bon endroit pour faire exploser sa charge. Tout cela avec un taux de succès de près de 80 %. Voici l'histoire d'une de ces interceptions, seconde par seconde.*





PAR DEFENCE & AEROSPACE PUBLISHING SERVICES, GENÈVE

La nuit vient de tomber sur le Moyen-Orient. A quelque 160 km à l'ouest de Bassora, et au sud de la ville sumérienne d'Ur, l'équipage d'un camion à huit roues, le transporteur-érecteur-lanceur de missiles R-300E soviétique, sort le véhicule du repaire où on le dissimule pendant la journée, et, par des chemins cahoteux, le conduit vers une position de tir prédéterminée. Le long véhicule transporte un seul missile balistique R-300E de 7 tonnes, plus connu sous la désignation de Scud B que lui a donnée l'OTAN. L'engin, qui emporte une charge militaire de 1 000 kg, a une portée de l'ordre de 300 km.

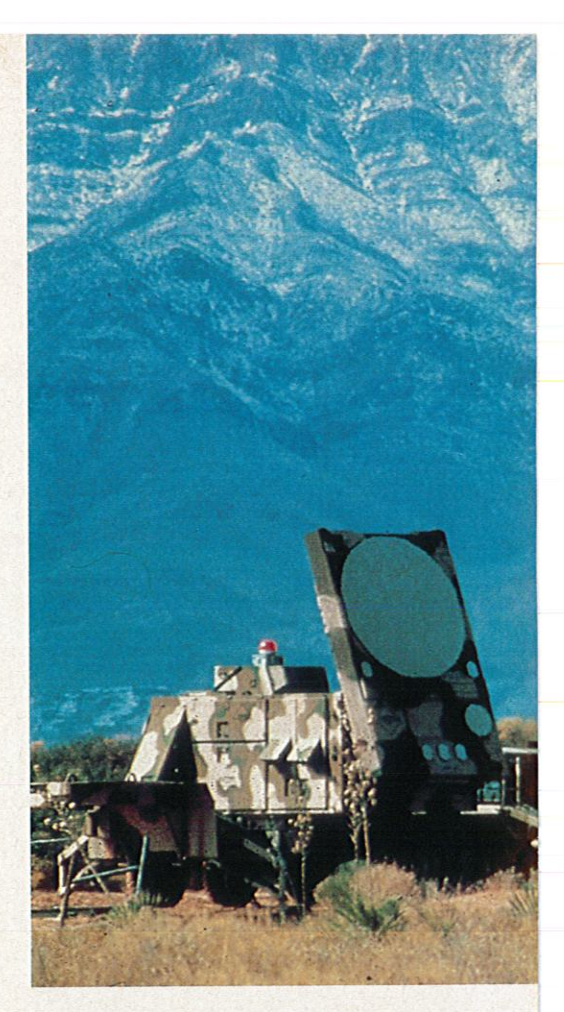
Deux cents kilomètres plus au sud, en Arabie Saoudite, l'"équipe de pièce" de la batterie Charlie,

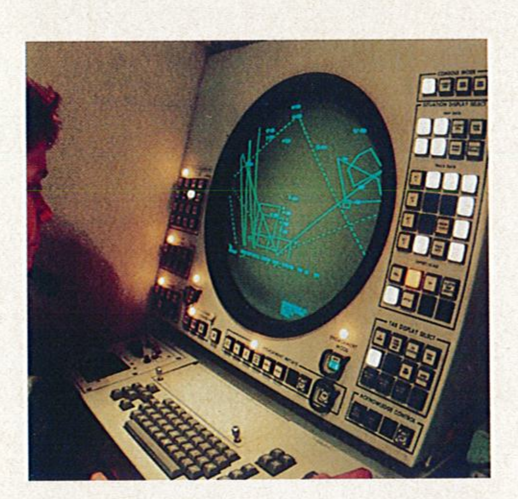
**Scud intercepté par un Patriot**, au-dessus de Ryad. Illuminant le ciel (ci-contre), d'autres Patriot tentent de préserver Tel-Aviv d'une attaque de missiles irakiens.

qui appartient à un bataillon de Patriot du 32 Army Air Defence Command normalement basé dans le sud de l'Allemagne, accueille la relève. La batterie comprend un poste mobile de contrôle des engagements, un puissant radar de Raytheon fonctionnant dans la bande centimétrique pour détecter les cibles et guider le missile Patriot, huit lanceurs avec 32 missiles prêts au tir, une génératrice et du matériel de transmission.

Pour pouvoir faire face à des raids aériens comportant un très grand nombre d'avions qui ont chacun leur propre système de brouillage, le système Patriot est hautement automatisé. Chaque batterie, avec son radar, est en mesure d'assurer simultanément la poursuite et, si nécessaire, l'identification ami ou ennemi de plus de 50 avions, et de déterminer les priorités. Pour augmenter vers le zénith la couverture radar et permettre ainsi la détection des missiles tactiques balistiques, comme le Scud, sur des trajectoires plongeantes, le logiciel de tous les systèmes a été modifié — l'ouverture des faisceaux radar (très étroite) reste classifiée. De même, des modifications ont été apportées aux missiles Patriot pour accroître leur efficacité contre ce type de menace.

Le poste de contrôle abrite le calculateur à grande vitesse qui dirige les interceptions du Patriot, les terminaux UHF de transmission des données numériques et de la phonie pour les communications vers l'extérieur, et les transmetteurs de données vers les lanceurs de missiles. On y trouve également les pupitres de contrôle de deux spécialistes de l'US Army, seuls éléments humains au niveau de la batterie lors de la bataille aérienne. Chacun de ces deux pupitres est équipé d'un écran cathodique de 50 cm de diamètre et d'un clavier. Sur l'écran apparaissent les échos radar des avions, mais aussi, en surimpression, des informations tactiques, telles que les pistes des avions alliés et les corridors sûrs qu'empruntent les appareils rentrant de mission. D'autres informations peuvent être prélevées dans la mémoire du système.





L'équipe relevée rend compte de l'état du matériel de la batterie et de l'activité, ou de l'absence d'activité, pendant sa période de veille. La menace que font peser les avions irakiens est faible, mais il y a un risque d'attaque par missile balistique tactique. Les nouveaux servants ne peuvent qu'attendre.

Au-dehors, on distingue à peine dans l'obscurité la remorque sur laquelle est installé le radar Raytheon AN/MPQ-53, qui fonctionne dans la bande de fréquences de 4 à 6 GHz, et dont la dalle de 6 m de hauteur contient l'antenne principale, l'antenne de l'interrogateur IFF (*Identification Friend or Foe*) pour l'identification ami ou ennemi, l'antenne TVM (*Track Via Missile*) des liaisons montante et descendante pour le téléguidage, et les antennes des équipements de contre-mesures électroniques. L'axe de l'antenne principale est pointé à environ 30° au-dessus de l'horizon. Elle comporte plus de 5 000 éléments déphaseurs pour orienter l'étroit faisceau sous le contrôle de l'ordinateur. Le secteur de balayage est de 60° dans le plan horizontal et de près de 90° dans le plan vertical. Le radar et son processeur de signaux sont connectés au poste de contrôle par un système protégé de transmission de données numériques.

## L'électronique de pointe fait le Patriot.

Dans le poste de contrôle de batterie — une batterie possède huit lanceurs qui portent chacun quatre missiles Patriot prêts au tir (ci-contre),— l'opérateur voit sur son écran (page ci-contre) les échos radar des avions ou des missiles, mais aussi des informmations tactiques telles que missions alliées, secteurs de responsabilité, corridors des avions revenant de mission. Elément indissociable du poste de contrôle, l'antenne synthétique du radar Raytheon AN/MPQ-53 (ci-dessus), constituée de 5061 déphaseurs qui orientent, sous le contrôle de l'ordinateur, l'étroit faisceau et permettent de détecter et de suivre les cibles éventuelles. Les autres antennes incorporées au radar sont celles du système TVM — elle sert au guidage du Patriot vers le missile à intercepter —, de l'interrogateur IFF "ami-ennemi" et des contre-mesures. Un système identique équipe également le central des opérations, c'est lui qui désigne la batterie la mieux située pour intercepter la cible.



Les huit lanceurs Patriot sont dispersés autour du poste de contrôle, auquel ils sont reliés par radio VHF, à des distances pouvant atteindre un kilomètre. Chaque lanceur, dont la position est connue avec précision, porte quatre missiles prêts au tir, de 5,3 m de longueur et d'un poids de 1,7 tonne. Les missiles sont tirés à partir du conteneur de transport hermétique dans lequel ils ont été enfermés après leur assemblage à l'usine de Martin Marietta, en Floride.

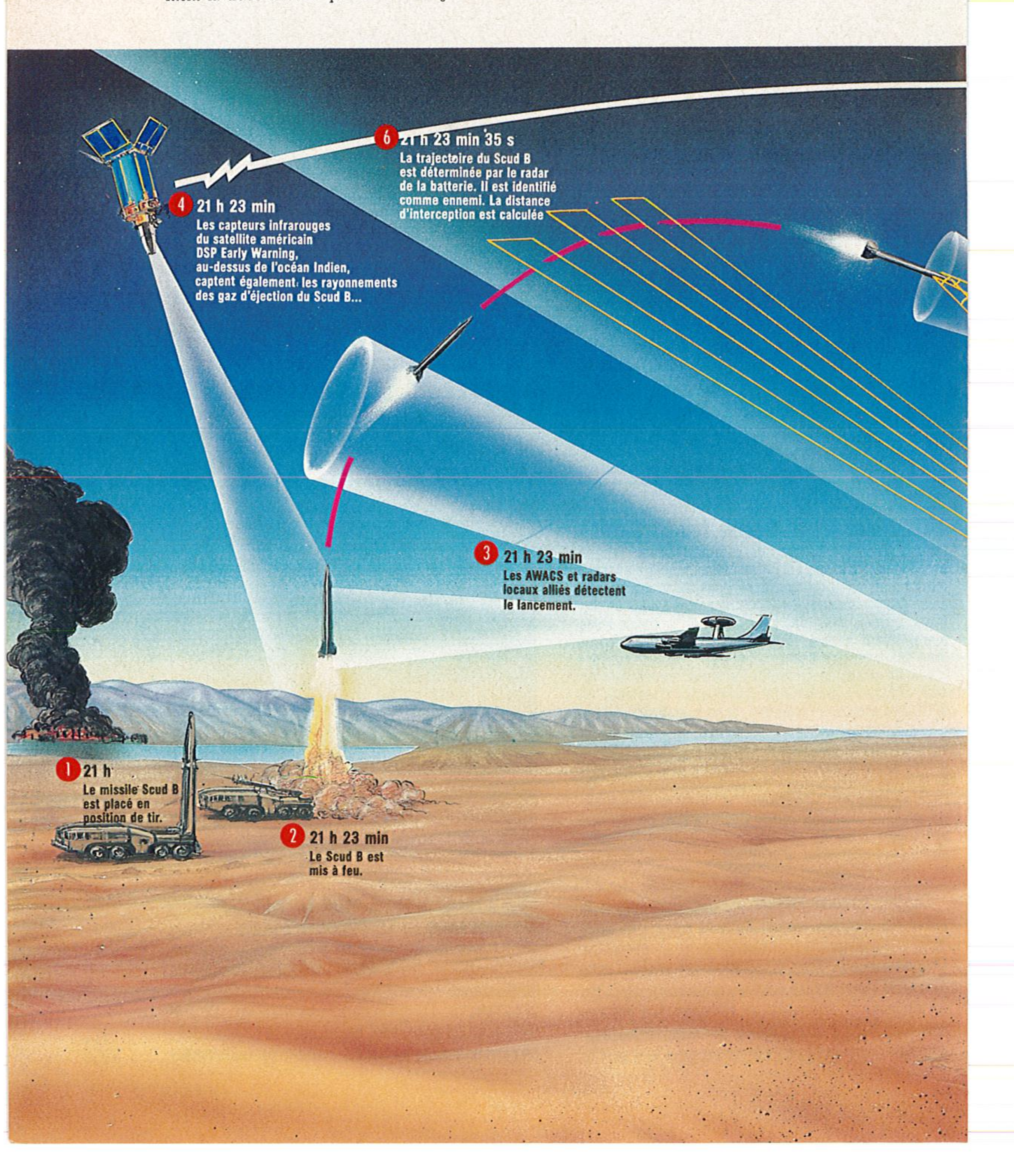
**21 h (heure locale).** Le Scud B est en position verticale sur sa plate-forme repliable, à l'arrière du véhicule transporteur, et les servants procèdent aux ultimes vérifications.

**21 h 23 min.** Un des opérateurs radar d'un avion Boeing E-3A AWACS (*Airborne Warning And Control System*) en patrouille au nord de l'Arabie Saoudite détec-

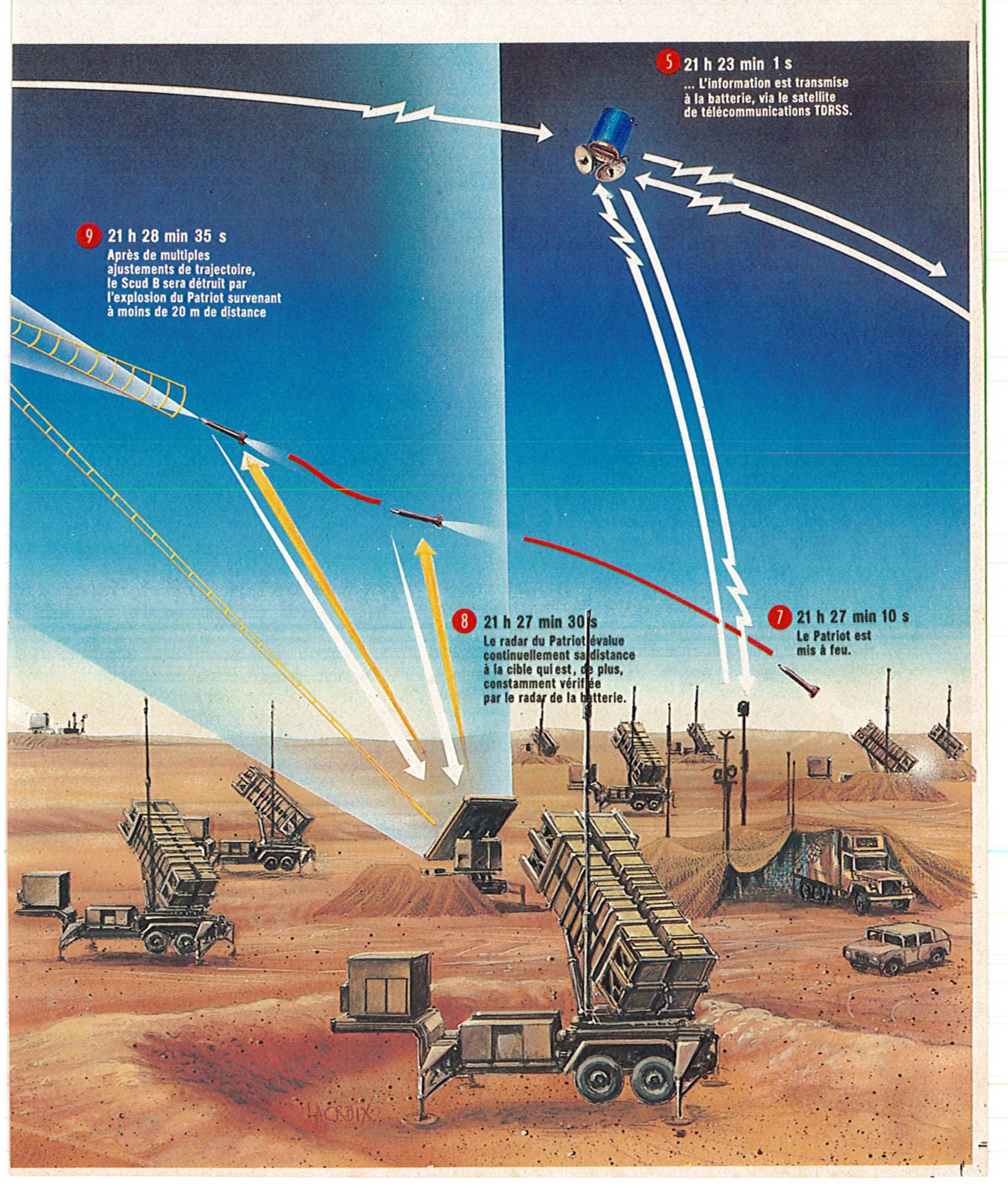
te le missile quelques secondes après son lancement, au sud de la ville d'Ur, et s'empresse de transmettre l'information au quartier général de la défense aérienne en Arabie Saoudite.

**21 h 23 min.** Un opérateur devant l'écran de l'un des radars tridimensionnels General Electric AN/FPS-117 du réseau saoudien de défense aérienne, voit également la trace ionisée qui révèle la trajectoire d'un Scud s'élevant au-dessus de l'horizon. L'alerte peut aussi être donnée par les satellites américains en orbite géosynchrone qui surveillent la région. En effet, deux satellites au moins du programme DSP (*Defence Support Program*) observent le Golfe toutes les 12 secondes.

L'alerte serait alors transmise à Washington via une station au sol en Australie, et enfin au quartier



général de la défense aérienne en Arabie Saoudite.
**21 h 23 min 30 s.** Les ordinateurs des différents sites (avions radar AWACS et stations terrestres en chaîne de commandement) se concertent — l'opération prend quelques millisecondes —, puis un message confirmant un lancement et donnant la position estimée du lanceur est transmis automatiquement par le centre de commandement de la défense aérienne (en Arabie Saoudite) au central des opérations du bataillon du Patriot et, de là, aux deux opérateurs de la batterie Charlie.
**21 h 23 min 35 s.** La défense civile de la zone où pourrait se situer le point d'impact est avisée de l'arrivée prochaine d'un missile Scud, et les populations sont alertées. Le radar de la batterie Charlie a aussi détecté le Scud dès que celui-ci a pénétré dans son secteur de surveillance ; ses opérateurs suivent maintenant



sa piste. S'il s'agissait d'un avion, d'autres contrôles seraient nécessaires pour identifier l'intrus de façon certaine, mais, dans le cas présent, il n'y a aucun doute. L'ordinateur indique qu'il s'agit bien d'un missile hostile : un missile qui part de l'Irak pour aller en Arabie Saoudite est forcément hostile. De plus, les Alliés n'ont pas de missiles balistiques dans la région.

Quelques séquences de balayage du radar du Patriot suffisent pour donner au calculateur de conduite du tir des informations précises concernant la trajectoire du missile. Comme l'image radar numérisée, ces données sont fournies par l'intermédiaire du processeur de signaux radar.

**21 h 27 min 00 s.** Le Scud a atteint son apogée. Le calculateur du Patriot a déterminé sa vitesse et sa course, et prédit la zone d'impact. Il ordonne une meilleure couverture radar de cette trajectoire afin de pouvoir élaborer, pour le missile Patriot, une première trajectoire d'interception, qui sera ensuite constamment corrigée. En mode normal automatique, le calculateur prend en charge la totalité de l'interception. Par l'intermédiaire de son logiciel, il vérifie que la cible est à portée, que les missiles sont prêts, et il donne l'ordre de tir. Les opérateurs surveillent, sachant que le calculateur indiquera tout ce qui ne va pas. Lors d'une interception d'avions, ils peuvent interrompre le processus automatique (procédure de veto) pour éviter d'abattre un avion qui aurait été tardivement reconnu comme ami. En modes semi-automatique et manuel, un opérateur donne l'ordre de tir.

**21 h 27 min 10 s.** Le signal "feu" est transmis au lanceur par radio VHF. Le missile Patriot pulvérise le couvercle de son conteneur et s'élance vers le ciel, accélérant et prenant rapidement le cap prévu pour l'interception, conformément à sa programmation, sous la direction de son système de guidage par inertie. Les opérateurs peuvent voir sur leur écran radar le Patriot et sa cible, ainsi que le point d'impact prévu.

Le radar Patriot reçoit continuellement les échos du Scud, qui poursuit sa route à Mach 2,0 (environ 2 500 km/h), et ceux du missile Patriot, qui a déjà atteint Mach 2,5 et qui continue à accélérer. Les processeurs du système connaissent ainsi les positions absolues et les vitesses des deux mobiles ; ils élaborent des ordres de correction afin que le missile Patriot puisse suivre la meilleure trajectoire en vue de l'interception.

**21 h 27 min 30 s.** Le Scud et le Patriot ne sont plus distants l'un de l'autre que de 100 km environ. La distance diminuant, l'autodirecteur semi-actif logé dans le nez du Patriot capte l'énergie électromagnétique réfléchie par le Scud, qui est "illuminé" par le radar AN/MPQ-53 de la batterie Charlie. Le calculateur de bord du Patriot détermine le gisement de la cible, c'est-à-dire l'angle que fait la direction de la cible avec l'axe longitudinal du missile.

Cette mesure est transmise instantanément, par l'intermédiaire de l'antenne TVM du radar au sol, aux ordinateurs du système. Ces derniers la combinent aux informations sur la position du Scud et du Patriot pour calculer la meilleure trajectoire d'interception, puis retransmettent les données au Patriot.

Cette séquence, qui ne dure que quelques millisecondes, permet une interception plus précise — en particulier lorsque la cible est un avion manœuvrant.

**21 h 28 min 35 s.** La fin est proche. La vitesse de rapprochement des deux missiles correspond à Mach 5, soit environ 1,7 m toutes les millisecondes. La synchronisation est un facteur très important si l'on veut que les éclats de 45 g de la charge militaire du Patriot détruisent la charge du Scud ; ils ne feraient que désemparer le missile s'ils touchaient son corps ou ses gouvernes. les faisceaux dirigés vers l'avant de la fusée de proximité (ici un radar de faible portée) du Patriot détectent le Scud à une distance d'environ 20 m ; la charge du Patriot est mise à feu de manière à ce que l'explosion soit à son apogée au moment où les deux missiles se croisent.

**21 h 28 min 35,01 s.** Les guetteurs qui ont suivi du sol la trace lumineuse des gaz éjectés par le moteur-fusée du Patriot voient l'explosion — il ne s'est pas écoulé 10 minutes depuis le lancement du Scud.

Les opérateurs radar de la batterie Charlie voient les échos radar disparaître, mais ils sont déjà prêts pour la prochaine interception.

**Defence & Aerospace Publishing Services, Geneve**

## ANATOMIE D'UN MISSILE PATRIOT

Optronique

# POURQUOI LES JAGUAR FRANÇAIS NE VOIENT PAS LA NUIT

*Contrairement au félin dont il tire son nom, le biréacteur Jaguar engagé par nos forces aériennes dans la guerre du Golfe ne peut combattre la nuit : il lui manque des yeux électroniques pour attaquer dans le noir.*

PAR JEAN-RENÉ GERMAIN

On le sait, l'information concernant la guerre contre l'Irak se limite à importer des barils de paroles brutes dont la meilleure raffinerie ne peut tirer que quelques rares éléments sûrs ; entre autres, que l'aviation américaine ou anglaise mène quantité de missions de nuit alors que nos Jaguar ne peuvent opérer que de jour.

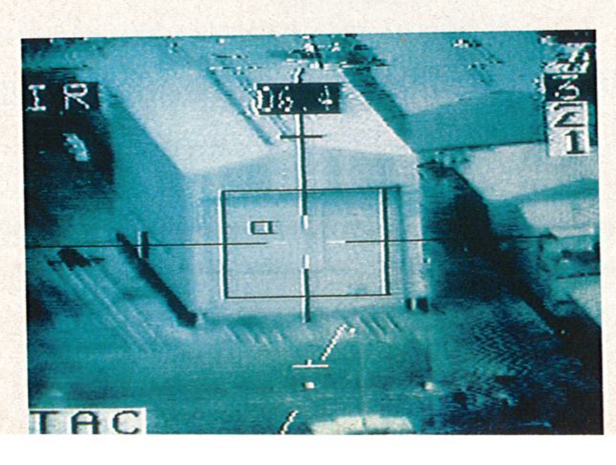
Or tout laissait croire qu'il s'agissait d'une guerre où dominait l'électronique, et que tous les avions étaient donc équipés d'une multitude de capteurs, d'écrans et d'instruments leur permettant d'agir par tous les temps, de jour comme de nuit. En fait il n'en est rien, et il faut bien séparer navigation de nuit et combat de nuit, lequel suppose de voir le terrain, d'y repérer les cibles éventuelles, de les identifier et enfin de les attaquer.

Le vol de nuit a commencé très tôt, après la Première Guerre mondiale, dès que le pilote a pu disposer des outils nécessaires : altimètre, compas, chronomètre et carte. Il se repérait sur ce qu'il voyait du sol — lumières des villes, rivières et étangs, bois et champs, etc. — ou sur les étoiles. C'est dire que la navigation n'offrait quelque sécurité que par temps clair.

Si le temps se couvrait, il ne restait plus que la boussole et l'altimètre, avec toutes les incertitudes liées à ces instruments : le vol de nuit restait une aventure qui se terminait souvent fort mal. Le progrès des instruments, et surtout l'avènement du repérage par balises radio, facilitèrent grandement le pilotage nocturne. Aujourd'hui, et par beau temps, un avion de tourisme peut faire du vol de nuit sans risque.

Les appareils militaires, qui sont munis en ce domaine d'instruments perfectionnés devenus classiques, peuvent voler de jour comme de nuit sans aucune difficulté. Mais il faut bien préciser qu'il s'agit de navigation — les bateaux à voiles voguaient eux aussi 24 h sur 24 — et non de combat.

Les missions de bombardement nocturne ont débuté durant la Seconde Guerre mondiale et n'ont pu se faire que grâce à l'association de plusieurs techniques de navigation (balises radio, gyrocompas, repères au sol, etc.). Les chasseurs qui devaient intercepter ces bombardiers combattaient, eux, à vue : le ciel constitue un fond clair sur lequel se détachent les ennemis qui sont à plus haute altitude ; dans le cas contraire les incendies allumés par les bombes éclairent le sol et la silhouette de l'enne-





**Le pod de désignation laser Atlis**, sous le fuselage de ce Jaguar de nos forces aériennes, sert au guidage des deux missiles AS 30 emportés sous les ailes, en illuminant la cible apparue sur l'écran TV. Contrairement aux pods Atlis de 2e génération qui équipent les Tornado saoudiens, pour des raisons budgétaires, les Atlis des Jaguar français ne sont pas dotés de caméra infrarouge leur permettant d'opérer la nuit.

mi se voit d'en haut.

De toute manière, il y avait beaucoup de pertes dues à des collisions en vol et à des erreurs de cibles ; le combat se déroulait en grande partie au jugé et reposait uniquement sur les qualités physiques et les réflexes du pilote. Avec les vitesses des avions actuels, ce type d'engagement ne serait plus possible, et ce d'autant moins qu'on recherche une grande précision.

Pour réussir une attaque au sol, il faut absolument voir le terrain, puis repérer la cible, l'identifier et la viser. Cela revient à dire que pour mener une action de nuit, il faut un système de vision nocturne. De surcroît ce système doit être passif, c'est-à-dire ne pas comporter d'émetteur d'ondes (radar, par exemple), qui fait repérer immédiatement l'avion. Il existe deux grands systèmes de vision nocturne : les amplificateurs de lumière résiduelle, et les transcodeurs de lumière infrarouge. Dans les deux cas, il s'agit de détecter les photons, de les transformer en électrons qu'on sait multiplier, puis de remettre cette image électronique amplifiée sous forme visible.

L'amplificateur de lumière résiduelle part du fait que le terrain reste toujours faiblement éclairé par le ciel nocturne. Cette luminosité, trop mince pour nos yeux, est suffisante pour les chouettes ou les chats, et suffisante aussi pour être détectée par des cathodes en matériau semiconducteur. Celles-ci donnent des particules électrisées que l'on sait amplifier, puis convertir en image visible.

Les jumelles à intensification de lumière reposent sur ce principe et permettent d'y voir comme

en plein jour dans la nuit apparemment la plus noire. L'image observée est monochrome de teinte verte. La vision en infrarouge, elle, peut être observée sur écran. Le principe de base est voisin, mais au lieu de détecter les photons correspondant aux fréquences du visible et dus à l'éclairement du ciel, on détecte les photons d'une bande de fréquences correspondant à l'infrarouge. Ce rayonnement est émis par tous les corps en fonction de leur température.

Il existe deux variantes du procédé ; dans la première on détecte les photons dans une bande allant de 8 à 12 micromètres, et on attribue une couleur à chaque groupe de fréquences — par exemple bleu de 8 à 9 µm, vert de 9 à 10 µm, etc. Dans la seconde, on attribue une couleur selon l'intensité des photons reçus sans tenir compte de leurs fréquences. Dans un cas comme dans l'autre, on arrive à, distinguer le métal de la terre, de la végétation, etc.

Ces photons sont convertis en électrons, lesquels sont amplifiés puis transformés en signaux électriques dont on fait une image sur écran couleurs. Intensification de lumière résiduelle ou conversion du rayonnement infrarouge sont maintenant en service dans les armées bien équipées, et les deux procédés permettent à un pilote de voir le terrain de nuit. On peut alors se demander pourquoi nos Jaguar n'en sont pas équipés, et la réponse est complexe : prix, décisions administratives, choix à faire selon le budget alloué. Pour commencer, le Jaguar est un avion ancien qui a été conçu il y a plus de vingt ans. C'est une excellente plate-forme de tir, et il possède tout de même un équipement de navigation tout temps. Autrement dit, il possède une calculatrice qui tient compte de la vitesse, du cap et du temps écoulé pour donner la position. Mais cela ne suffit pas pour naviguer la nuit avec une grande précision au-dessus d'une zone ennemie. Pour cela, il faut un radar de suivi de terrain, ou un système de vision nocturne, ou une centrale à inertie de navigation. Les Jaguar français ne disposent d'aucun de ces équipements.

Des jumelles de vision nocturne à intensification de lumière résiduelle permettraient l'approche finale sur un objectif terrestre, mais pas le combat aérien contre un autre appareil. Il faudrait pour cela que le Jaguar soit doté de deux radars : un radar de combat aérien et un radar IFF (Identification Friend or Foe) d'identification ami ou ennemi.

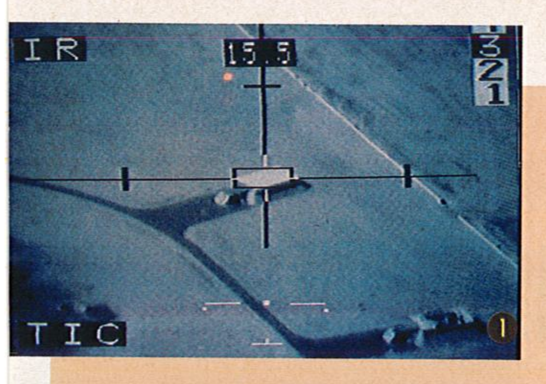
Contre un avion ennemi, il faudrait actuellement se défendre avec le viseur clair, qui est un système optique projetant devant les yeux du pilote un réticule qui vient se superposer à la silhouette de l'appareil repéré à condition que celui-ci soit au-dessus ; il est en effet visible dans le ciel de nuit car il se découpe sur un fond clair relatif.

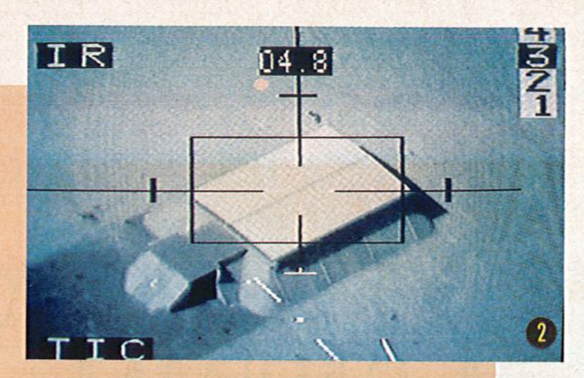
En principe les avions modernes ont un radar de tir qui permet l'acquisition de la cible, sa localisation exacte et le déclenchement du tir, ce qui est très supérieur au viseur clair qui reste un simple réticule. Mais, il faut, pour pouvoir l'utiliser, que l'éclairage du tableau de bord soit assez discret pour que le pilote ne soit pas perturbé par un trop grand contraste lumineux entre ses instruments de bord et l'extérieur. Dans le Jaguar, l'éclairage du tableau de bord se fait en ultraviolet ou dans le rouge. Dans le premier cas un faisceau UV provoque la luminescence des cadrans, dans le second ils sont directement éclairés par un spot rouge. Cette dernière formule est la plus utilisée maintenant car elle donne un éclairage très doux qui ne perturbe pas du tout la vision de nuit du pilote.

Les hélicoptères, eux, sont beaucoup moins bien servis : le système d'éclairage du tableau de bord pour le vol de nuit est constitué de sachets chimiques luminescents qui servent de lampe et que l'on change toutes les heures (on vend des babioles de ce type dans presque toutes les foires). De fait, l'éclairage normal des cadrans est trop fort pour ne pas gêner la vision nocturne, mais les autorités françaises n'ont pas réussi à choisir en dix ans une solution technique valable. C'est donc un bricolage qui est en fonction dans le Golfe.

Les attaques au sol posent des problèmes différents et nécessitent soit un radar conçu pour cela, soit un système de vision infrarouge qui affiche directement sur un écran dans le cockpit le terrain survolé. Chose paradoxale, les Jaguars français en Arabie saoudite ne sont pas équipés pour l'attaque nocturne. Ils sont dotés d'un pod Atlis utilisant une caméra de TV qui renvoie l'image captée en avant de l'avion sur un écran dans le cockpit. Lorsque le pilote vise une cible, il déplace un curseur sur l'écran jusqu'à le faire coïncider avec celle-ci. Puis il "verrouille" dessus un faisceau laser émis par Atlis. Enfin, il décoche son missile, lequel est attiré par l'énergie laser réfléchie par la cible. L'avion peut dégager, la tête mobile d'Atlis permet au laser, et donc au missile, de rester verrouillé sur la cible. Mais la caméra de TV ne fonctionne que de jour. De nuit, il faut une tête infrarouge capable de "voir" l'objectif en pleine obscurité, par la chaleur qu'il dégage et non plus par la lumière qu'il émet ou réfléchit. L'ennui, c'est que l'armée de l'air n'a pas disposé d'un budget suffisant pour acquérir ces nouveaux pods Atlis et les monter sur ses Jaguars. En particulier parce-que ces avions approchent de la fin de leur carrière, et qu'on a préféré réserver cet équipement perfectionné à des appareils modernes comme le Mirage 2000. Cela dit, des Atlis à tête infrarouge ont été vendus par Thomson à l'Arabie saoudite pour équiper les Tornado achetés par ce pays aux Britanniques.

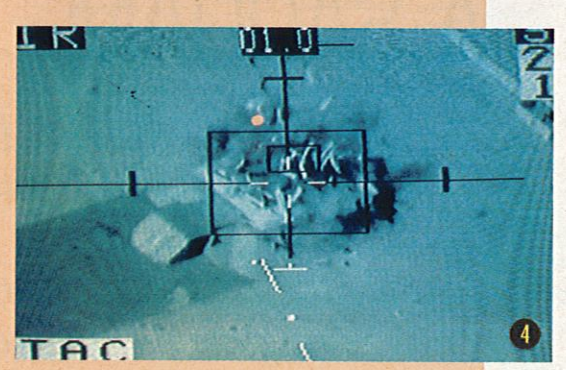
Aux Etats-Unis, les pilotes ont disposé de caméras infrarouges pour l'atterrissage dès 1974, et de caméras pour le tir fabriquées en série dans les










**Le pod continue de guider le missile, alors que le pilote est déjà sur le chemin du retour.**
Après avoir "acquis" l'objectif dans son collimateur, le pilote fait coïncider le réticule de l'écran TV et la cible. Il déclenche ensuite la poursuite automatique de l'objectif puis le faisceau laser, effectue le tir du missile et dégage. Pendant le dégagement, le faisceau laser continue d'éclairer la cible pour guider le missile jusqu'à l'instant de l'impact.

années 1981-1982. En France, nous n'avons disposé de ces caméras à titre de prototype qu'en 1980, et elles ne furent montées en série sur les hélicoptères qu'à partir de 1985. De même, le viseur Viviane pour hélicoptère fut lancé en 1986 mais il est toujours en phase de développement. Les hélicoptères français dans le Golfe ne peuvent faire que du pilotage de nuit avec jumelle intensificatrice. Eventuellement, ils pourraient tirer au canon à courte distance (de 500 à 600 m), mais ils se trouveraient alors près de l'ennemi et la bulle plastique ne pèserait pas lourd comme blindage devant les balles des fusils d'assaut Kalachnikof que les soldats irakiens n'hésitent pas à employer comme DCA.

Pour en revenir aux jumelles de nuit, précisons qu'il en existe actuellement deux catégories : celles de 2e génération, surtout utilisées par les fantassins, et celles de 3e génération qui servent principalement pour le pilotage de nuit des hélicoptères. Le tube photomultiplicateur de 3e génération possède une photocathode en arséniure de gallium ; cette particularité augmente la sensibilité d'un facteur 3, mais multiplie aussi le prix par 3.

Le corps de la jumelle, c'est-à-dire la partie optique classique, est fabriqué par la société Sopelem ; celle-ci a retenu, comme tube intensificateur, ceux que lui fournit Thomson qui s'approvisionne lui-même chez l'américain Varian. Or, cette firme a des problèmes de délai : les tubes qu'elle vend sont en effet les tubes hors tolérances refusés par l'armée américaine et, la qualité de fabrication augmentant, il y a de moins en moins de tubes hors normes (les firmes américaines n'ont pas le droit d'exporter de matériel 1er choix adopté par l'armée). Pour fournir Thomson, Varian est alors obligé d'acheter des tubes à ITT — hors normes eux aussi, bien sûr. Le circuit de vente est alors le suivant : ITT —» Varian —» Thomson —» Sopelem —» armée de terre. C'est finalement le contribuable qui fait les frais de cette scandaleuse cascade commerciale dans laquelle chacun n'oublie pas de prendre une forte commission pour ce qui est un matériel de seconde zone.

Il serait possible de fabriquer ces systèmes de vision de nuit chez nous à condition qu'il y ait suffisamment de commandes ; pour qu'il y ait les commandes, il faut qu'il y ait les crédits ; et les crédits, à leur tour, dépendent de décisions administratives. Et voilà pourquoi nos Jaguar ne voient rien la nuit.

**Jean-René Germain**

FRANCE

ALLEMAGNE



ETATS-UNIS



CHINE



URSS



BELGIQUE



YOUGOSLAVIE



TCHECOSLOVAQU



# QUI A FOURNI QUOI A SADDAM

***La réponse à cette question est très simple. Pratiquement tous les pays qui possèdent une industrie de l'armement, qu'ils soient membres de l'OTAN ou du moribond Pacte de Varsovie, non alignés ou neutres, ont fourni, à des degrés divers, du matériel militaire à l'Irak.***

PAR DEFENCE & AEROSPACE PUBLISHING SERVICES, GENÈVE

Certains pays, comme les Etats-Unis, ont toujours démenti par la voie officielle être des pourvoyeurs d'armes de Saddam Hussein, mais il est bien connu que certaines entreprises américaines ont trafiqué avec l'Irak par le biais d'hommes de paille ou de sociétés-écrans. Dans leur livre *Guerre du Golfe — le dossier secret*, Pierre Salinger et Eric Laurent écrivent que plus de mille firmes ont exporté des armes conventionnelles vers l'Irak. A cela, il convient d'ajouter, selon la même source, plus de 200 entreprises qui ont coopéré aux programmes militaires irakiens "non conventionnels", lesquels couvrent les armes biologiques, bactériologiques, chimiques, les missiles, les techniques d'enrichissement de l'uranium en vue de la production d'armes nucléaires, etc. C'est cette dernière catégorie que nous analyserons en premier. Nous examinerons ensuite la question des fournitures d'armes conventionnelles aux trois composantes des forces armées irakiennes.

### Technologie militaire

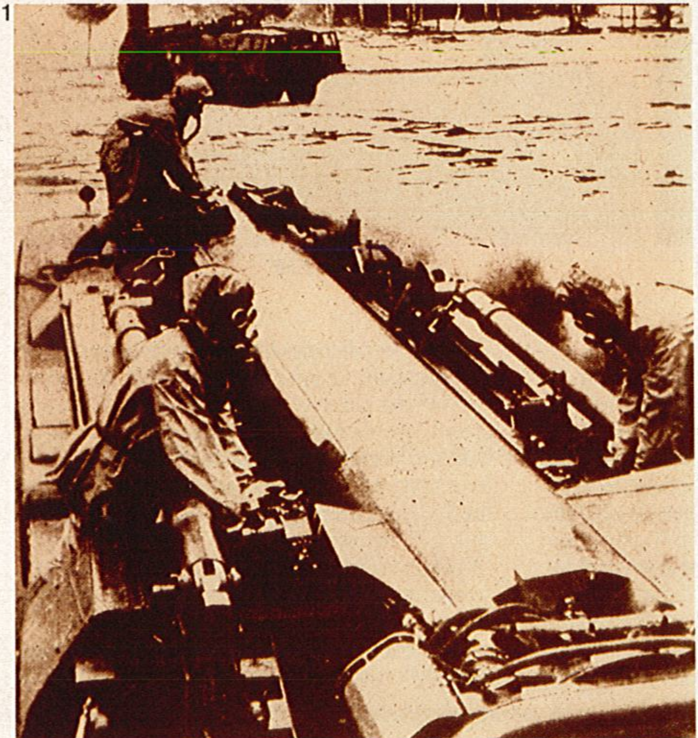
Le rôle de l'Allemagne en matière de transfert à l'Irak de technologie militaire avancée est sans doute prépondérant. Selon l'hebdomadaire *Der Spiegel*, 87 sociétés allemandes de premier plan seraient impliquées. L'affaire a fait grand bruit au début de l'année, d'autant plus que, selon certaines sources, l'embargo décrété contre l'Irak par les Nations unies n'aurait pas mis fin à ce négoce bien particulier, contre lequel le gouvernement de Bonn a enfin décidé de prendre des mesures. On estime, dans les milieux bien informés, que Saddam Hussein doit à l'Allemagne 80 % de sa technologie dans le domaine des armements chimiques et que des ingénieurs et techniciens de ce pays ont aidé les Irakiens à augmenter la portée des missiles sol-sol Scud d'origine soviétique, portée qui n'était que de 260 km, donc insuffisante pour atteindre Tel-Aviv à partir des confins occidentaux de l'Irak.

Les dérivés irakiens du Scud, qui ont été tirés dès le mois de janvier contre Israël et contre l'Arabie Saoudite, portent les désignations Al-Abbas (de 800 à 900 km de portée) et Al-Hussein (de 500 à 600 km). Le doublement, voire le triplement, de la portée est obtenu moyennant un découpage et un allongement des réservoirs ; il se traduit par une réduction de la charge militaire (200 kg au maximum). Les lanceurs mobiles, appelés Al-Waleed, sont des camions semi-remorques Scania. Au début de la guerre, l'Irak possédait plus de 500 Scud et 36 lanceurs mobiles.

Avant la guerre du Golfe, de nombreux modèles de missiles étaient en développement en Irak avec l'aide d'ingénieurs et de techniciens étrangers. L'existence de la plupart de ces systèmes d'armes techniquement très avancés a été révélée lors de la première exposition internationale de matériel militaire, qui s'est tenue, à Bagdad, fin avril-début mai 1989 (le thème de cette exposition était, comme on

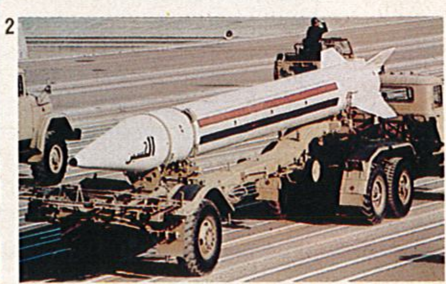
peut le lire dans le catalogue officiel : *Defence equipment for peace and prosperity* — Equipements de défense pour la paix et la prospérité — *sic*). On trouvera ci-après un résumé de ce que l'on sait de ces programmes.

- Al-Faw 1 : ce missile anti-missile balistique est en développement depuis 1987. Les essais du prototype ont eu lieu en novembre 1988 ;
- Al-Abed : on pense qu'il s'agit d'un lanceur de satellites modifié en missile sol-sol de portée intermédiaire (2 000 km). Le développement a été entrepris en 1988 et deux essais ont eu lieu en 1990. Pourrait être une variante du Tammuz 1 (voir ci-dessous) ;
- Tammuz 1 : il s'agit encore probablement d'un lanceur de satellites modifié en missile sol-sol de portée intermédiaire (2 000 km). Il est en développement depuis 1988 et ses essais ont commencé en décembre 1989 ;
- Al-Fahd SR : missile sol-sol de courte portée (250 km). En développement depuis 1988 ;
- Al-Fahd MR : missile sol-sol de portée intermédiaire (800 km). En développement depuis 1988 ;
- Badr 2 000 : missile sol-sol de portée intermédiaire (800 km). En développement depuis 1988. Version modifiée du Condor 2 (voir ci-dessous) ;
- Condor 2 : missile de portée intermédiaire. Projet SAAD 16. En développement depuis 1984, en coopération avec l'Argentine et l'Egypte. Développement arrêté en 1988. La production devait être lancée en 1993 ;
- Baraq : missile sol-air SA 3 Gao, d'origine soviétique, modifié en missile sol-sol de courte portée (260 km). Prototype en développement depuis 1988 ;
- Kassir : missile sol-air SA 6 Gainful, d'origine soviétique, modifié en missile sol-sol de courte portée (200 km). En développement depuis 1988 ;
- Nissan : missile de courte portée (250 km) en développement. Aucune autre information.










**Vendu par l'URSS, modifié avec l'aide de l'Allemagne,** le missile sol-sol Scud B. Dans sa version d'origine (**1**), il est capable de délivrer des charges à 260 km. Les portées des modèles dérivés, Al-Hussein (**2**) et Al-Abbas (**3**), peuvent respectivement atteindre 600 et 900 km.


URSS - Char T-55


URSS - Char T-62


France, Belgique, Espagne - Obusier automoteur Al Fao


URSS - Char T-72


France - Leurre (char gonflable)


Chine - Char T-69

### Forces terrestres

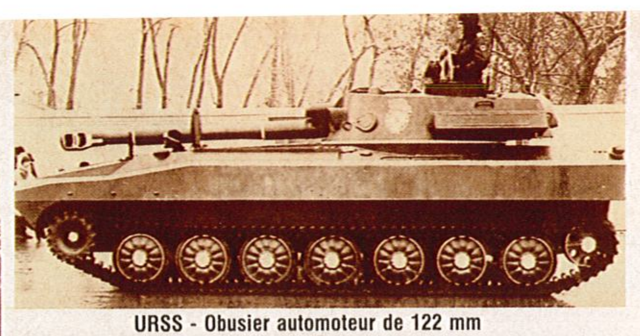
Les forces terrestres irakiennes disposaient au début de la guerre du Golfe d'un formidable arsenal d'armements conventionnels comprenant quelque 5 000 chars de bataille, 6 500 véhicules blindés de transport de troupe et de combat d'infanterie, 4 300 pièces d'artillerie (canons tractés, obusiers automoteurs et lance-roquettes), quelque 4 000 canons antiaériens, 700 systèmes de missiles antiaériens et un nombre impressionnant d'armes antichars.

La plupart des chars de bataille ont été fournis par l'URSS — les plus modernes étant les T 72, T 74 et T 62 (la livraison de T 80 n'a pas été confirmée) — et par la Chine (type 59 et 69). L'Irak possède en outre quelques chars britanniques : vieux Centurion Mk7, Chieftain pris au Koweït et à l'Iran, Vickers Mk1 pris au Koweït et Khalid (version jordanienne du Challenger britannique) livrés par la Jordanie.

Le parc de véhicules blindés légers est beaucoup plus disparate. Le principal fournisseur est encore l'URSS, mais plusieurs autres pays ont participé à la constitution de cette flotte gigantesque. Ce sont la France (Panhard AML 60, AML 90, ERC 90 Sagaie, M3 et GIAT AMX 10P), l'Espagne (BMR 600 VTT), le Brésil (Urutu, Jararaca, Cascavel), la Tchécoslovaquie (OT 64 Skot et OT 62 Topas), la Hongrie (Walid) et la Chine (YW 531). Par ailleurs, des M 113 américains ont été fournis par la Jordanie ou pris à l'Iran.

Les canons et obusiers automoteurs sont, pour l'essentiel, des modèles soviétiques de 122 mm et de 152 mm, mais on trouve également des M 109 A1 et A2 prêtés par la Jordanie, des AMX 30/155 GCT de 155 mm français (au nombre de 85), des modèles nord-coréens de 175 mm et de 180 mm pris à l'Iran. On imagine les problèmes de logistique que cette


France, Belgique, Espagne
Obusier automoteur Majnoon


URSS - Obusier automoteur de 122 mm

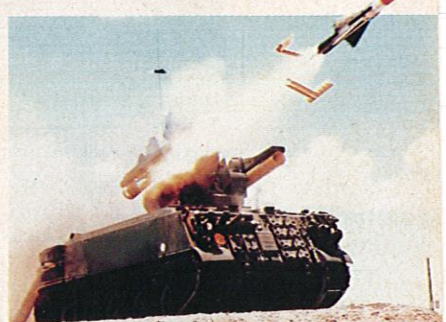

URSS - Obusier automoteur de 153 mm


URSS - Jeep UAZ-4-69
dotée de quatre RPG7 antichars


URSS - Blindé léger BMP-1


Brésil - Lance-roquettes Astro II


URSS - Missiles antiaériens SA-13


France, Allemagne - Système antiaérien Roland


URSS - Lance-roquettes BM-21



France, Allemagne - Missile antichar Milan



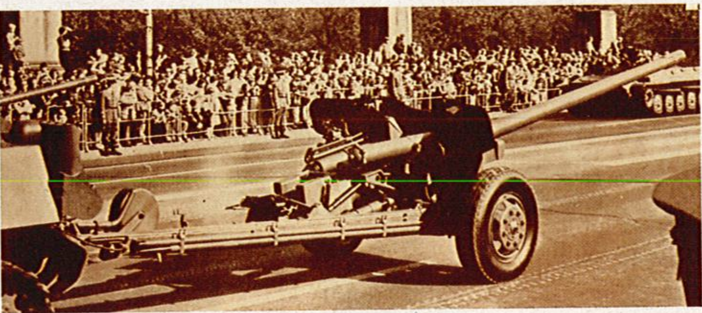
URSS - Missile antichar individuel RPG 7



France, Allemagne - Missile antichar Hot



France - Blindé léger Panhar VCR TH



URSS - Canon antichar T-12

diversité de calibres peut poser. Notons enfin que l'Irak a développé, avec l'aide de techniciens français, belges et espagnols, deux modèles d'obusiers automoteurs, le Al Fao de 210 mm et le Majnoon de 155 mm.

L'artillerie tractée manque, elle aussi, d'homogénéité. La plupart des pièces sont d'origine soviétique, mais tous les calibres — 85 mm, 122 mm, 130 mm, 152 mm et 180 mm — sont représentés. La Chine a fourni des canons de 122 mm, de 130 mm et de 152 mm. Le parc comprend encore quelques canons de 105 mm américains et italiens, ainsi que 100 pièces Armscor G5 de 155 mm fournies par l'Afrique du Sud et 200 pièces Noricum GHN de 155 mm d'origine autrichienne achetées par la Jordanie pour le compte de l'Irak.

Plus de la moitié des lance-roquettes d'artillerie de l'armée de Terre irakienne ont été livrés par l'URSS, en calibres de 122 mm, 140 mm et 240 mm. Les autres fournisseurs sont la Corée du Nord (122 mm), la Tchécoslovaquie (130 mm), la Yougoslavie (262 mm), l'Egypte (300 lanceurs de 122 mm) et le Brésil (108 mm, 127 mm, 180 mm et 300 mm). L'Irak produit aussi ses propres lance-roquettes Ababil 50 et Ababil 100 de 262 mm.

Les très nombreuses pièces d'artillerie antiaérienne sont d'origine soviétique (14,5 mm, 23 mm, 37 mm, 57 mm, 85 mm, 100 mm et 130 mm), yougoslave (20 mm) et tchécoslovaque (30 mm). Aucune société occidentale n'est impliquée dans ce domaine. Ce fait assez rare méritait d'être souligné.

L'Irak dispose de l'essentiel de la gamme de systèmes de missiles antiaériens soviétiques (SA 2 Guideline, SA 3 Goa, SA 6 Gainful, SA 7 Grail, SA 8 Gecko, SA 9 Gaskin, SA 13 Gopher, SA 14 Gremlin et SA 16). A cela s'ajoutent les systèmes Euromissile Roland 1 et 2 fournis par la France et par l'Allemagne (au total 105 unités de tir fixes et mobiles et 1 150 missiles), les Sakr Eye (SA 7 modifiés) fabriqués par l'Egypte, et les Hong Nan livrés par la Chine. Par ailleurs, l'Irak aurait réussi à s'emparer au Koweït d'un système américain Patriot et de 150 missiles Hawk avec quelques lanceurs.

Dans le domaine antichar, la France a fourni des missiles SS 11, AS 12, Milan et HOT, et des véhicules Panhard VCR TH UTM 800 armés de HOT. De son côté, l'URSS a livré des missiles AT 1 Snapper, AT 3 Sagger, AT 4 Spigot, et AT 5 Spandrel, des lance-roquettes RPG 7 de 62 mm et divers modèles de canons. L'Irak possède en outre 300 canons sans recul américains de 106 mm montés sur Jeep et un certain nombre de missiles américains TOW pris à l'Irak ou livrés par la Jordanie.

**Force aérienne**

Avant la guerre du Golfe, la force aérienne irakienne disposait, selon diverses sources concordantes, de plus de 800 avions de combat de construction soviétique, française et chinoise. Les capa-


URSS - Avion de transport Iliouchine Il-76

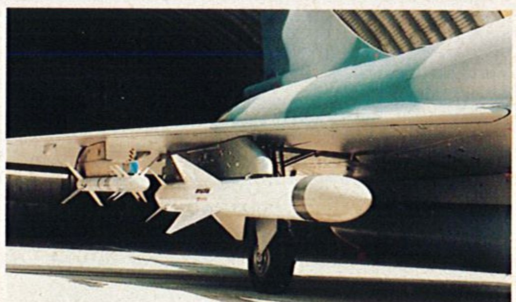

France - Hélicoptère léger de lutte antichar Gazelle


Brésil - Avion biplace d'entrainement Tucano


URSS - Chasseur Su-22


URSS - Chasseur-intercepteur MiG 23


France - Chasseur-intercepteur Mirage F1

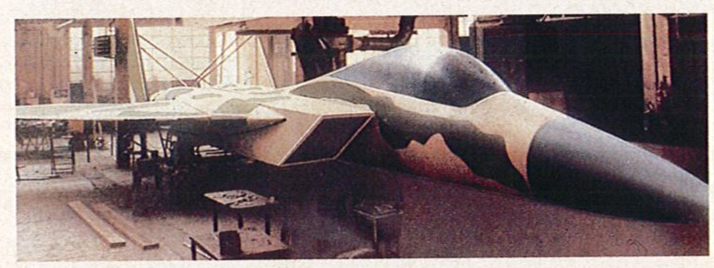

France - Missile air-sol Excocet

cités opérationnelles de ces appareils sont très variables. Les avions les plus modernes fournis par l'URSS sont les intercepteurs MiG-25, MiG-29 et MiG-23 (ce dernier est à géométrie variable) et les avions d'attaque MiG-27 (dérivé du MiG-23), Sukhoi Su-24 (un biplace à géométrie variable) et Sukhoi Su-25. Ce dernier a fait ses premières armes en Afghanistan avec les forces soviétiques.

Les avions soviétiques plus anciens en service en Irak sont les chasseurs MiG-21 — sans doute les plus nombreux — les avions d'attaque Sukhoi Su-7 et deux types de bombardiers : le Tupolev Tu-16 — dont le rayon d'action sans ravitaillement en vol est légèrement supérieur à 3 000 km — et le Tupolev Tu-22 supersonique qui, sans ravitaillement en vol, peut intervenir dans un rayon de l'ordre de 2 900 km. Certains Tu-16, construits sous licence en Chine et livrés par ce pays, portent la désignation



URSS - Chasseur de supériorité aérienne MiG-29



Italie - Leurre en plastique dur



URSS - Avion d'alerte précoce Iliouchine Il-76 Mainstay

Xian H-6. Les autres appareils livrés par la Chine, via l'Egypte, sont le Shenyang F-6 (équivalent du MiG-19) et le Xian F-7 (MiG-21).

De son côté, la France a livré plus de 100 chasseurs Dassault Mirage F1 capables de tirer des missiles air-mer AM-39 Exocet, ainsi que des missiles ou bombes guidés par laser d'origine française ou soviétique. Les autres modèles d'avions de combat livrés à plus de cent exemplaires sont le MiG-21, le Su-20 et le MiG-23. Il n'existe dans le parc irakien que quelques dizaines, voire moins, d'exemplaires des divers autres types d'appareils.

La flotte d'avions de transport militaire est presque exclusivement d'origine soviétique, le modèle le plus récent étant l'Iliouchine Il-76 que les Irakiens cherchent à modifier en avion-radar et en avion-citerne.

Pour ses avions d'entraînement, l'Irak a puisé aux sources les plus diverses. La force aérienne du pays utilise des avions suisses (FFA AS 202 Bravo et Pilatus PC-7/PC-9), brésiliens (80 Embraer Tucano construits sous licence en Egypte), tchécoslovaques (Aero L-29 Delfin et L-39 Albatros), britanniques (Jet Provost), ainsi que les variantes biplaces de ses avions de combat (Mirage F1, MiG-21, Su-7).

Forte de quelque 450 appareils, la flotte d'hélicoptères est un ensemble hétéroclite de modèles soviétiques, français, italiens, allemands et américains. La plupart des hélicoptères de transport viennent d'URSS. Les hélicoptères d'attaque sont le Mil Mi-24 Hind soviétique, le MBB BO 105 (antichar) allemand construit sous licence en Espagne par CASA, et les Alouette III et Gazelle (antichar) de l'Aérospatiale française. La Jordanie aurait fourni six Super Puma et une dizaine de Bell AH-IJ/AH-1T Cobra. Pour lutter contre les navires de surface, l'Irak dispose d'appareils français Aérospatiale Super Frelon et Puma. Pour la lutte anti-sous-marine, l'Irak avait commandé des hélicoptères français Aérospatiale Dauphin 2 (jamais livrés) et des hélicoptères italo-américains Agusta-Bell AB 212. Ces derniers devaient opérer à partir des frégates et corvettes commandées aux chantiers navals italiens Fincantieri, mais non encore livrées (voir chapitre suivant). L'Irak dispose en outre d'une cinquantaine d'hélicoptères légers d'observation Bell OH-6A Cayuse d'origine américaine.

Un des plus grands pourvoyeurs de missiles de la force aérienne irakienne a été la France. Matra a fourni des Martel et Armat (air-sol antiradar), des Magic 1 (air-air) et des 530/Super 530F (air-air). L'Aérospatiale a livré des missiles air-sol AS 20, AS 30 et AS 30 Laser, ainsi que des missiles air-mer AM 39 Exocet. L'autre grand fournisseur de missiles de la force aérienne irakienne est évidemment l'URSS. Par ailleurs, on croit savoir que des missiles américains Sparrow (air-air) et Maverick (air-sol) ont été fournis par la Jordanie.

**Force navale**

La marine est la plus faible composante des for-

ces armées de l'Irak. Il faut dire qu'avant l'invasion du Koweït, le pays disposait d'une vingtaine de kilomètres de côte seulement et d'une seule base navale sur le Golfe, celle de Umm Qasr, dont l'accès est barré par l'île koweïtienne de Bubiyan. L'autre base navale est à Basra, sur le Chatt-al Arab, à 130 km de la mer. Ce manque d'ouverture sur la mer est l'un des nombreux éléments qui ont motivé l'annexion du Koweït. L'effectif total de la marine irakienne ne doit pas dépasser 4 000 hommes ; la flotte est essentiellement composée d'un petit nombre de bâtiments d'origine soviétique, yougoslave et polonaise, pour la plupart des patrouilleurs lance-missiles, des vedettes lance-torpilles, des patrouilleurs côtiers, des dragueurs de mines, des amphibies et divers bâtiments auxiliaires.

En février 1981, alors que Saddam Hussein pensait pouvoir se débarrasser facilement de l'Iran, l'Irak avait commandé aux chantiers navals italiens Fincantieri quatre frégates type Lupo, six corvettes lance-missiles et un pétrolier-ravitailleur. Son ambition était de posséder la flotte de guerre la plus puissante de tous les pays du Golfe. Pendant la guerre Iran-Irak, il n'était pas question que ces bâtiments franchissent le détroit d'Ormuz pour pénétrer dans le Golfe. Ils auraient immédiatement été détruits par les batteries côtières iraniennes équipées, entre autres, de missiles chinois Silkworm. Un scandale financier est venu ensuite se greffer sur cette affaire ; à notre connaissance, les frégates et corvettes n'ont pas quitté l'Italie et le pétrolier-ravitailleur se trouve actuellement dans le port d'Alexandrie, en Egypte. Des équipages irakiens restreints auraient été détachés de temps en temps en Italie pour s'occuper de ce qu'il faut bien appeler la "flotte irakienne à quai en Méditerranée".

On peut dire, en guise de conclusion, que les principaux fournisseurs d'armements conventionnels de l'Irak ont été l'Union soviétique, la Chine et la France, mais que de nombreux autres pays ont participé au développement du potentiel militaire du pays de Saddam Hussein. A la première exposition de matériel militaire de Bagdad, qui s'est tenue, comme nous l'avons vu plus haut, moins de neuf mois après la fin de la guerre Iran-Irak, près de 140 exposants de 28 pays se pressaient au portillon pour faire connaître leurs produits. Les exposants les plus nombreux étaient les Français (33), les Egyptiens (18), les Britanniques (17) et les Italiens (16). Etrangement, les Soviétiques n'avaient pas fait un gros effort à cette occasion. Il convient aussi de préciser qu'il est beaucoup plus difficile, voire impossible, de quantifier l'apport que constituent les transferts de *know-how* (savoir-faire) et l'assistance directe au développement de systèmes d'armes de technologie très avancée, nucléaire en particulier. En définitive, il aurait mieux valu poser la question suivante : qui n'a rien fourni à Saddam ? Mais il n'y aurait pas eu d'article.

**Defence & Aerospace Publishing Services, Genève**

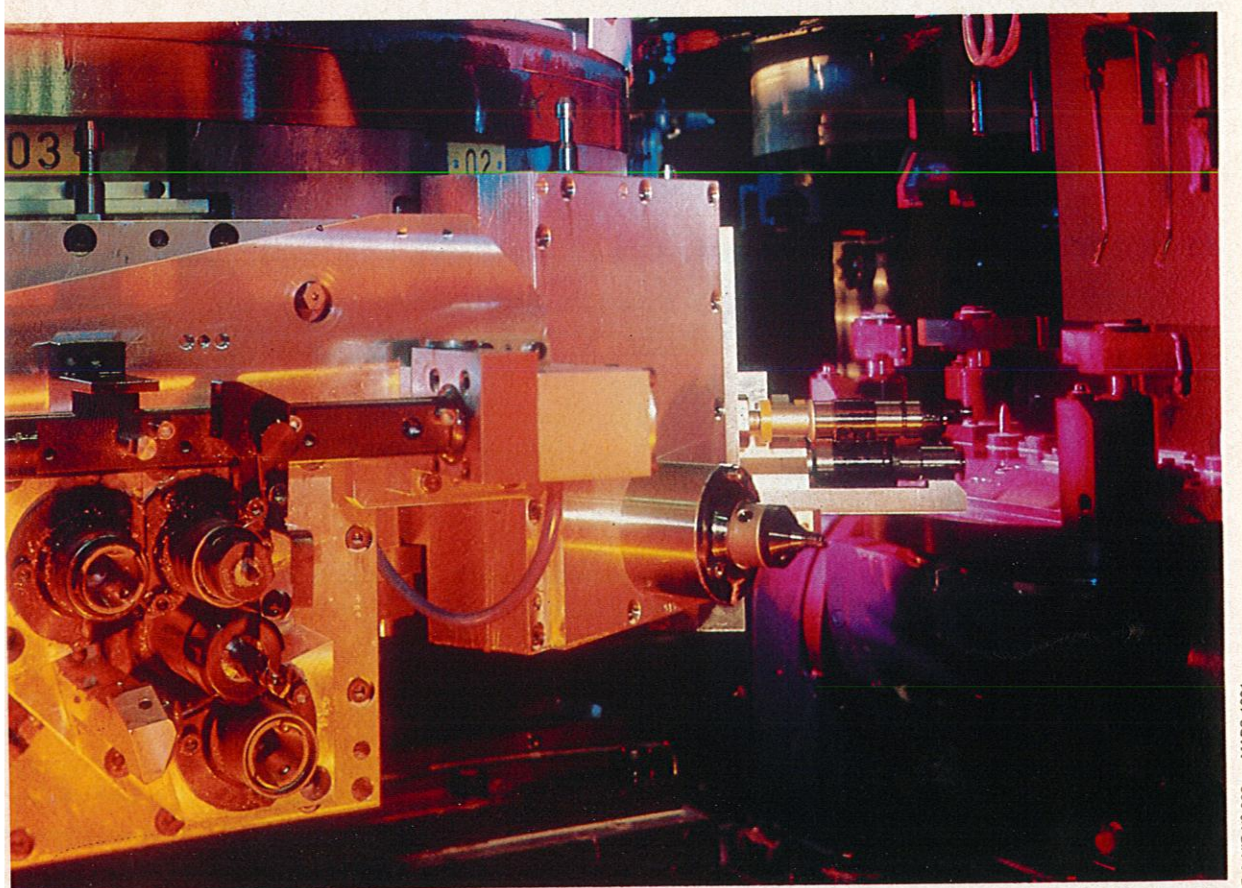
**La flotte irakienne à quai en Méditerranée :** la guerre contre l'Iran puis un scandale financier ont empêché la livraison à l'Irak de ces frégates type Lupo, commandées à l'Italie.



# PRODUIRE SANS HOMME

*Thomson, Peugeot, le TGV, Renault sont, nous dit-on, de taille à affronter l'Europe de demain. De même que l'Air liquide ou Michelin. Mais les petites et moyennes entreprises, qui représentent plus des trois quarts de notre tissu industriel et comptent pour 25 % dans nos exportations, comment survivront-elles ? En misant sur la productique intégrée.*

PAR MICHEL BARBA




**Un concentré d'atelier.** Alliance de la mécanique et de l'informatique, la tête d'usinage Saturne met de 6 à 10 fois moins de temps qu'une batterie de machines-outils traditionnelles pour exécuter une pièce.

Lorsque nous parlons d'Europe, c'est à l'Allemagne que nous nous comparons et, neuf fois sur dix, le bilan ne laisse pas d'être inquiétant. Ainsi, dans le secteur de la mécanique, la PMI allemande pèse-t-elle près de trois fois son homologue française en chiffre d'affaires. Ses exportations représentent de quatre à cinq fois les nôtres. Serions-nous donc condamnés, dans l'Europe de demain (le marché unique de 1993) et dans la grande Europe d'après-demain, de l'Atlantique à Vladivostok, à n'être plus que la nation agricole, le "grenier" du vieux continent ?

**Robot à tout faire.** Ici chargeur de pièces dans un atelier autonome, il peut aussi bien, sans grands investissements, être adapté à la production automatisée.

Certes, il y a des sociétés françaises, bien que petites, qui, dans leur spécialité, n'ont rien à envier aux Japonais ou aux Allemands : les optiques des expéditions américaines sur la Lune, par exemple, étaient françaises, les "crèmes" qu'utilisent les mémoires d'ordinateur à haute densité japonaises viennent de Savoie et il y a des affaires de cinquante personnes qui exportent 80 % de ce qu'elles produisent. Cependant, quelques pointes de vitesse isolées ne sont pas suffisantes pour gagner la course de fond. L'ambition d'amener la vingtaine de milliers de PMI françaises sur le podium de l'Europe implique un effort considérable, et dans toutes les directions : rajeunir les équipements, changer les mentalités, notamment insuffler la "rage" de vendre, rénover les méthodes de gestion, investir, etc. Tâches multiples, coûteuses et qui demandent des années, certes, mais c'est à ce prix que nous résisterons à l'écrasement par notre grand voisin, que nous accroîtrons l'emploi, que nous exporterons, grâce à une industrie plus moderne, à un commerce plus vif.

Le temps presse. Et nos petites et moyennes entreprises, dans leur ensemble et dans leur état actuel, ont peu de perspectives d'augmenter leur productivité — c'est-à-dire leur compétitivité — dans les délais. Sauf à prendre un raccourci. Or, justement, il y en a un possible, tout récent, qui métamorphoserait l'entreprise d'une manière globale, et pourrait la faire décoller d'un bloc, pour entrer tout droit dans l'univers du futur : la productique intégrée (ou l'intégration productique). Le vocable est barbare, certes, voire pédant, mais il recouvre une réalité tout à fait concrète : faire bénéficier l'entreprise, même petite, de tout ce qu'apporte l'informatisation, de la conception d'un produit jusqu'après sa vente, en intégrant aussi bien la fabrication des différentes pièces, la facturation, la gestion du personnel, le stockage, le transport, etc. dans le processus informatique.

**Tout commence avec la commande numérique** (ou CN). Cela démarre au milieu des années soixante, dans la mécanique, et plus précisément dans la machine-outil. Ce n'est d'ailleurs pas la première fois que la machine-outil joue le détonateur pour l'explosion de techniques nouvelles. Perceuses, fraiseuses, tours, aléseuses, rectifieuses, les machines-outils créent les pièces de notre univers industriel. A partir de blocs d'acier ou d'ébauches de fonte, d'aluminium, de titane, de cuivre... elles donnent forme aux écrous, aux vis, aux blocs-moteurs, aux arbres de transmission, engrenages, soupapes, carcasses de moteurs électriques. Sans machine-outil, pas de boîte de vitesse, pas de turbo-réacteur, de moule à matières plastiques, de caméra, de fil électrique...

Productrice des choses du monde contemporain, mère de tous les biens industriels, la machine-outil, dans son histoire à peine vieille de deux siècles, a donc souvent été un pôle d'innovation. Et c'est encore elle qui, la première, a su réussir le mariage de la mécanique et de l'informatique. Elle s'est donné un cerveau, non pas pour faire des calculs, mais pour fabriquer des pièces. Dans la machine traditionnelle, l'opérateur déplaçait la pièce à usiner, ou les organes de la machine, de façon à amener l'outil au contact de la pièce à une position indiquée par des dimensions figurant sur le plan.

Un exemple simple est celui du perçage d'un trou dans une plaque. On déplace plaque et foret l'un par rapport à l'autre pour percer le trou à l'endroit repéré, et l'on enclenche la rotation du foret à un nombre de tours par minute que l'on a choisi et à une avance de pénétration également choisie (c'est aussi valable pour la perceuse à main du bricoleur du dimanche). En général, les déplacements s'effectuent à l'aide d'une vis et d'un écrou — la plaque est solidaire de l'écrou et l'opérateur fait tourner la vis ([1]). Il imprime à cette vis (à la main ou l'aide d'un moteur) le nombre de tours et de fractions de tour qui amène la plaque sous le foret à une position telle que le trou soit situé à la place indiquée par le plan. L'enclenchement de la rotation du foret et l'arrêt de cette rotation s'obtien-

nent en appuyant sur un bouton électrique.

Toutes les machines-outils fonctionnent ainsi avec, naturellement, une infinité de variantes : pièce fixe et outil en mouvement, outil fixe et pièce mobile, vérins hydrauliques au lieu de vis-écrou, mouvements multiples outil-pièce pour engendrer des formes usinées particulières : dents d'engrenage, arbres à cames, matrices, moules, bords d'attaque d'ailes d'avion, etc. (2). Dans tous les cas, l'exécution de l'usinage exige l'intervention de l'intelligence de l'opérateur : lire le plan, décider d'effectuer les déplacements, les effectuer avec une précision contrôlée (26,16 mm, par exemple, c'est-à-dire "tenir" le centième de millimètre), choisir la vitesse de rotation (ou appliquer une consigne)...

*L'atelier flexible : nouvelle version du couple artisan-machine*

Supposons que la rotation de la vis de déplacement soit motorisée et qu'à l'extrémité de cette vis, on place un compte-tours ou, mieux, un compteur de centièmes de tour. Pour se déplacer de 26,16 mm, la vis aura dû accomplir, par exemple, 436 centièmes de tour : 4 tours et 36 centièmes de tour. Ajoutons au compte-tour un dispositif qui arrête le moteur de déplacement après 436 centièmes de tour. Le "dispositif", de type informatique, additionne les tops correspondant chacun à un centième de tour et a été "programmé" pour couper le courant au 436e top, à la manière d'un condensateur qui se charge jusqu'à un potentiel donné.

L'opérateur n'a plus à contrôler le déplacement, il le "programme" et laisse agir seule la machine ainsi programmée. Mais au lieu de programmer lui-même, l'opérateur peut recevoir, sous forme d'un ruban, d'une carte, un programme préparé au bureau et n'avoir plus qu'à l'introduire dans la machine. Ce qui vient d'être décrit schématiquement est une "commande numérique". L'adjectif "numérique" signifie que l'on traduit mouvements, fonctions et ordres par des nombres, des nombres de tops qui s'expriment par des successions de chiffres (les zéro-un de l'informatique binaire). On "numérise" les fonctions.

Comme le "programme" gouverne les déplacements des organes de la machine, il peut aussi bien ordonner l'arrêt ou la mise en marche, imposer une vitesse de rotation au moteur d'une broche, animer un automate qui installe la pièce, un autre qui présente l'outil voulu à telle phase de l'usinage, etc.

La machine et son programme exécutent ainsi une pièce sans intervention de l'opérateur. On change le programme, c'est-à-dire que l'on introduit un autre ruban dans son lecteur, et elle exécute une autre pièce, par exemple en une série de trente exemplaires. On change encore, et elle produit deux exemplaires d'une troisième pièce... Ce n'est plus alors une machine, c'est un "homme-machine". Mais pour instaurer le règne de cette véritable *machina sapiens*, tout un environnement nouveau est nécessaire : calculateur, bien sûr, compteur de tours, lecteur de ruban, vis sans jeu pour conduire les organes, moteurs à variation de vitesse continue, logiciels de programmation, magasins d'outils incorporés (3). Les outils en question, appelés par le programmeur, se présentent selon la séquence prévue (la pièce n° 1 requérant un perçage de 8 mm, par exemple ; la n° 2, un perçage de 12 mm, etc.) et se verrouillent automatiquement dans la broche de la machine, qui se met en rotation à la bonne vitesse, inscrite également, bien sûr, sur le programme attaché à la pièce à usiner. On remplace ainsi les familles de machines (fraiseuses, perceuses, tours, etc.) par un "centre d'usinage" qui accomplit nombre d'opérations sur la même pièce pendant que celle-ci est bridée automatiquement sur la machine. Du moment que les caractéristiques du centre d'usinage (vitesses, avances, stock d'outils) sont adaptées à celles des travaux à effectuer, tout se passe — quel que soit le nombre de pièces à produire — comme si le centre d'usinage remplaçait un atelier complet avec un opérateur professionnel derrière chaque machine.

**La machine-ébéniste** exécute une moulure complexe. L'opérateur n'est plus là que pour introduire la carte-programme et surveiller le bon déroulement des opérations.



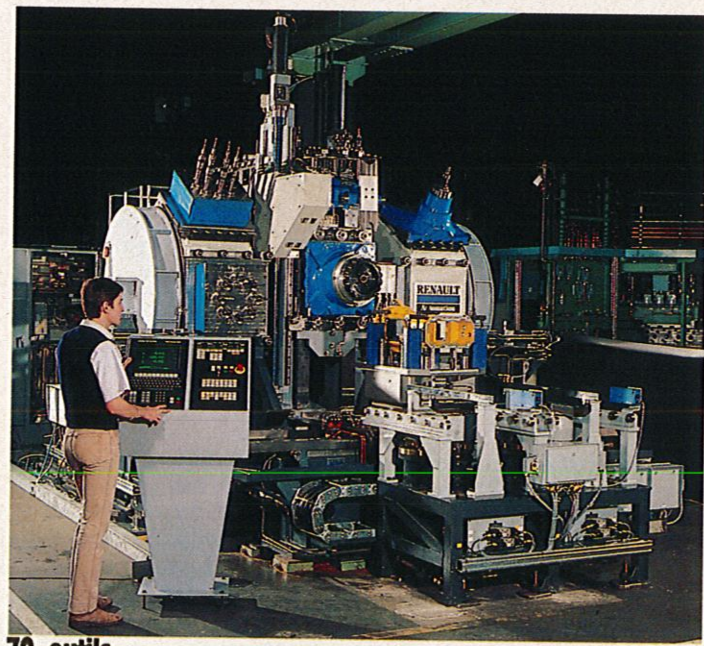
Il n'y a plus qu'à imaginer une demi-douzaine de tels centres réunis en un même lieu et desservis par des chariots eux-mêmes programmés pour véhiculer automatiquement les pièces d'un centre à l'autre, et l'on a l'atelier sans homme ou "atelier flexible".

**L'atelier flexible.** La pièce, portée sur un chariot automatique comporte un numéro, disons : n° 108. A l'entrée de l'atelier, un lecteur enregistre ce numéro et l'ordinateur-maître donne à cette pièce un ordre de priorité, appelle un chariot qui se rendra à la machine B, puis à A, puis à C... Il impose en même temps à la machine B le programme d'usinage de la pièce 108, puis à la machine A... On dit "flexible" (adjectif hérité du jargon américain) parce que, sans opérateur, cet ensemble de centres d'usinage et de chariots transporteurs intelligents possède la souplesse, la "flexibilité" d'un artisan capable de passer d'une activité à une autre, de fabriquer une pièce unique aussi bien qu'une série de pièces et de s'assurer, sans moyens humains, que son travail est bien fait (4).

Commande numérique, centre d'usinage et atelier flexible n'existent que depuis peu. Mais l'industrie ne les a pas attendus, bien sûr, pour automatiser les mouvements des organes des machines, la mise en route des outils coupants, la fixation des pièces sur la machine et leur déverrouillage pour passer sur la machine suivante, etc. Ainsi, dans les industries de grande série, comme l'automobile, où l'on produit deux mille, trois mille blocs-moteurs par jour, quinze mille soupapes, il n'est plus question, depuis des dizaines d'années d'obliger l'opérateur à régler sa machine à chaque fois. Il n'y a plus d'opérateur. La pièce se déplace d'une machine à l'autre grâce à un convoyeur ; les machines comportent des butées pour mettre les organes mobiles à la place voulue, des contacteurs qui enclenchent les divers moteurs... La forme la plus élaborée de ce type de machine, la "machine-transfert" des années 1950, se présentait comme une ligne de plusieurs dizaines de mètres de long qui faisait défiler les pièces pour qu'elles soient successivement fraisées, percées, taraudées, rectifiées...

Toutefois, si la machine-transfert résolvait bien le problème posé par la production en grande quantité de pièces toutes identiques, si elle était précise en dimensions et très économe en main-d'œuvre (5), elle souffrait d'une tare considérable : sa rigidité. La ligne était bâtie pour exécuter une pièce déterminée, elle était conçue autour de cette pièce. Changer de pièce, passer d'un bloc moteur de quatre cylindres à un bloc de six cylindres, par exemple, impliquait de bâtir une autre ligne (des millions de francs).

La différence fondamentale apportée par le mariage relativement récent de l'informatique et de la mécanique (ou de la mécano-électro-hydraulique, selon les modes de commandes des organes), est que la machine-transfert usinait seule un grand nombre de pièces mais toutes identiques, sans aucune variation




**70 outils** à intervention programmée équipent ce centre d'usinage. Il perce, fraise, alèse, taraude... remplaçant à lui seul un atelier traditionnel.

possible (sauf dysfonctionnements ou erreurs). Comme un animal dressé, elle répétait éternellement les mêmes gestes. L'atelier flexible, au contraire, n'est pas "dressé" ; il a appris ; il choisit, il modifie son comportement en fonction des tâches qu'on lui confie comme le faisait le couple artisan-machine.

Cette souplesse qui permet de passer d'un usinage à un autre sans tenir compte de l'importance de la série pour "outiller" un atelier, donc de répondre vite aux caprices du marché, on la trouve aujourd'hui dans l'industrie, et il n'est pas surprenant, pour reprendre l'exemple de la construction automobile, qu'elle ait détrôné la vieille machine-transfert dans la plupart des pays industrialisés, entre autres dans l'exécution des carrosseries automobiles. Produire une carrosserie à partir du dessin d'un styliste consiste d'abord à emboutir des tôles à la forme souhaitée. Cet emboutissage se fait sur une presse comportant des matrices qui présentent "en bosses" les

## LA PRODUCTIQUE AVANT ET APRÈS INTÉGRATION

Il s'agit d'une PMI du bassin de l'Adour travaillant en sous-traitant de l'industrie aéronautique (exécution de sous-ensembles mécaniques en alliage léger et en titane sur les dessins fournis par les avionneurs). Son effectif : 40 personnes. Son équipement :

— Un atelier de quinze machines, dont deux tours à commande numérique et un centre d'usinage (fraisage, perçage, taraudage, magasin de 24 outils) travaillant à deux équipes (1).

— Un petit bureau d'études (3 personnes) comportant une console de CAO (conception assistée par ordinateur), un logiciel. Les deux dessinateurs ne dessinent plus guère, la plupart du temps, ils "pianotent".

— Divers micro-ordinateurs (à la comptabilité, à la facturation, au bureau des méthodes qui emploie deux préparateurs).

**Fonctionnement actuel**

• A réception d'une demande d'un client :

— Déjà, le temps où l'on adressait les plans au sous-traitant est révolu ; aujourd'hui, l'avionneur poste à la PMI une disquette comportant la description du sous-ensemble à fabriquer, la matière, le délai demandé...

— Le bureau d'études de la PMI lit la disquette et fait apparaître le dessin en clair sur la console de CAO. Après examen et éventuellement quelques entretiens téléphoniques avec le client pour préciser certains points, le dessin, en clair, est confié aux préparateurs qui chiffrent le temps d'usinage et de montage, puis au chef d'atelier pour indication du délai d'exécution.

— A partir de ces éléments et tenant compte de son prix de l'heure, le patron dicte l'offre-client et la signe pour envoi au client avionneur. Si l'offre convient, notre sous-traitant est choisi et la commande lui est confiée.

• A l'exécution de la commande.

— La PMI reprend les plans, ses préparateurs établissent une gamme d'opérations (tournage, puis fraisage, puis alésage, puis...), définissent les machines nécessaires à l'exécution (ou la machine, si le centre d'usinage est capable de tout le travail), écrivent un programme pour les CN ; les pièces sont usinées, puis montées... On relève les temps réels passés à l'exécution, la comptabilité les engrange dans son micro-ordinateur, la facture est établie, les feuilles de paie des opérateurs imprimées...

**Productique intégrée.** La PMI choisie en exemple possède déjà un certain nombre d'éléments de "productique" : la CAO, les micros, les machines à CN ; elle dispose, en quelque sorte des pièces d'un puzzle. Intégrer va consister à bâtir le puzzle et, en le bâtissant, à découvrir les pièces qui manquent.

• Au stade de l'offre.

— Les préparateurs, avons-nous dit, "chiffrent" le temps nécessaire à l'usinage, par les méthodes classiques d'analyse humaine et le calcul, également humain, des temps de chaque opération.

— Il leur manque une pièce du puzzle, le logiciel capable de faire cette analyse, ou tout au moins de la faire à

creux qu'aura la carrosserie. La surface de ces matrices est évidemment compliquée et s'obtient en fraisant de gros blocs d'acier ou de fonte. Le procédé ancien consistait à fabriquer, de manière artisanale, un modèle en plâtre de la matrice, à le retoucher et à l'utiliser comme gabarit à trois dimensions sur une grande fraiseuse "à copier" dont l'outil (une fraise) suivait les positions d'un palpeur décrivant le modèle.

Aujourd'hui, la CAO (conception assistée par ordinateur), connectée à une fraiseuse à commande numérique, permet d'exécuter la matrice sans passer par l'intermédiaire d'un gabarit. Le temps d'exécution total est bien plus court, la précision meilleure et le ruban programme (ou les informations stockées dans l'ordinateur) contient, mieux qu'un plan, mieux qu'un gabarit, toute l'information nécessaire pour faire une copie fidèle de la matrice, sur place ou à 3 000 km de distance (envoi postal ou transmission de données par ruban informatique ou satellite). Des procédés du même genre s'appliquent aux robots de soudure des carrosseries automobiles et l'on imagine les économies de délai, de temps d'opération et d'investissement qu'apportent ces méthodes nouvelles.

Un autre aspect de la commande numérique, apparu dès son entrée dans le monde de la machine-outil, est sa capacité à exécuter des pièces quasiment hors de portée des moyens humains. Exemple : à la fin des années 1960, on fabriquait, pour les radars, des guides d'onde, éléments à la fois petits, de forme bizarre et ne pouvant fonctionner que si cette forme était précise à moins d'un centième de millimètre près. Les ouvriers les plus habiles travaillant sur les machines les plus soignées, devaient usiner dix pièces pour en obtenir une bonne. La commande numérique a "sorti" le guide parfait du premier coup et cinq fois plus vite. Aujourd'hui, grâce à la commande numérique, à des programmes particuliers, à des repérages par interférométrie laser et à des architectures de machines appropriées, on usine des pièces à des précisions du centième de micromètre (10 nanomètres ou dix milliardièmes de mètres) et l'on approche de la dizaine d'angströms, ordre de grandeur de la dimension de l'atome (6). C'est l'univers de la nanotechnologie (7) dont, pour l'instant, l'optique et la micro-électronique sont les applications essentielles.

**Et en dehors de l'usinage ?** On le voit, la révolution apportée par la commande numérique, ou plutôt par le mariage informatique-mécanique, est trop porteuse d'avenir pour rester confinée dans les ateliers d'usinage. Appliquer un cerveau (et non un servo !) à une mécanique permet bien d'autres applications. De nombreux systèmes et dispositifs de ce type sont apparus que l'on peut regrouper sous la désignation d'"automatismes intelligents", c'est-à-dire capables de modifier le comportement d'organes mécaniques à partir d'un logiciel ou même à partir de modifications des conditions extérieures que l'automatisme perçoit lui-même (8).

Il a fallu une bonne quinzaine d'années pour passer des balbutiements du prototype à l'état adulte des

(suite du texte page 104)

partir d'une banque de données contenant l'inventaire des outils, des machines et des conditions de travail de ces machines [2].

— Si l'on dote les préparateurs de ce logiciel, ce n'est plus la peine de faire apparaître en clair le dessin de la pièce. Il suffit de connecter la disquette avec le micro-ordinateur des préparateurs, une fois la gamme (la succession) des opérations établie et chiffrée par le logiciel. Plus la peine, non plus, de refaire pour chaque appel d'offre le fastidieux calcul du temps-machine : une connexion informatique avec la comptabilité permet à celle-ci, à partir des prix de l'heure des diverses machines mis en mémoire, de calculer sur son micro-ordinateur le prix et d'éditer l'offre.

— Il n'y a plus qu'à mettre le document sur le bureau du patron pour critique et signature.

— A noter que dessinateurs et préparateurs ne disparaissent pas ; ils changent de fonction ; au lieu de passer des heures à tirer des barres ou à faire des calculs élémentaires, ils exercent leur intelligence à s'assurer que les logiciels ne disent pas de sottises pour, éventuellement, les améliorer, les enrichir et tenir à jour les banques de données. De manœuvres sur porte-plume accomplissant des tâches routinières, ils sont devenus des "producticiens".

— A tous les stades, y compris celui de la signature par le patron, les hommes conservent la main, contrôlent, critiquent et peuvent décider des modifications.

— Le devis, dont l'établissement demandait une bonne semaine par les méthodes traditionnelles, peut être prêt en une demi-journée, et l'offre télécopiée ou télexée au client dans les 24 ou 48 heures.

• Au stade de l'exécution de la commande (on suppose que notre PMI a été retenue par le client) :

— Les pièces à usiner et à monter sont définies et leurs caractéristiques contenues dans les disquettes ou les mémoires, la succession des opérations d'usinage, les conditions de travail, les outils choisis sont également en mémoire, puisque toute cette analyse a déjà été faite en amont de la rédaction de l'offre.

— A partir de ces indications, on va écrire le ruban de programmation des machines à commande numérique (on fait l'hypothèse que les pièces s'exécutent entièrement sur les deux tours à CN de la PMI et sur son centre d'usinage).

— Intégrer c'est remplacer l'écriture de ce ruban-programme par une connexion directe entre la mémoire de l'ordinateur de "préparation" et la ou les machines à commande numérique.

— De même pour le relevé des temps passés sur les machines : pourquoi la comptabilité ne recevrait-elle pas, par impulsions, directement ces temps de marche ou les kilowatts-heures consommés, avec l'identification des pièces usinées ?

---

(1) Les 3 machines à CN peuvent, à elles seules, assurer la production. Les 12 autres, anciennes, ne sont là que pour un éventuel dépannage et pour exécuter quelques travaux exceptionnels et secondaires (un étau-limeur, une perceuse à main, un tour parallèle...) ou pour fabriquer les outillages.

(2) De tels logiciels existent dans le commerce, et c'est l'entreprise qui constitue et enrichit sa banque de données technologiques à partir du matériel dont elle dispose.

## L'ENTREPRISE INTEGRÉE

Finis les allers et retours, les doubles emplois de l'entreprise traditionnelle (flèches bleues). Dans l'entreprise intégrée, informations, ordres et communication sont véhiculés par l'informatique en un flot continu (flèches rouges).

De la conception du produit à son exécution par l'atelier et à son expédition, la mémoire de l'ordinateur se charge de remplacer plans et papiers. Toutefois, l'homme garde la main et reste le pilote du réseau informatisé.

Industrialisation Méthodes

Conception

Planification

Commercial

Direction générale

Achats

Marketing

Atelier

Expédition Stock

machines à CN ([9]) et encore dix ans pour arriver, dans les années 1980, aux ateliers flexibles. Cependant, dès le début de cette décennie-là, la sidérurgie, l'industrie de la chaussure, le travail du bois, les laiteries mettaient en œuvre des automatismes intelligents. Le textile, la confection, le soudage s'en emparaient, afin de bénéficier, sans opérateur hyperqualifié, de la possibilité de varier les produits, de répondre avec souplesse (flexibilité) et en temps réel aux besoins changeants de la clientèle.

Aujourd'hui, automates programmables, réseaux d'intercommunications entre les machines, CAO, FAO (fabrication assistée par ordinateur) ont droit de cité dans pratiquement toutes les branches de l'industrie, bien au-delà de la seule mécanique. Une notion nouvelle est même apparue, la "productique", qui pourrait se définir comme "l'ensemble des méthodes et des moyens apportant l'automatisme souple par le mariage des mécanismes et de l'informatique". Elle fait depuis une petite dizaine d'années l'objet d'études dans les grandes écoles, qui forment des ingénieurs en productique. Dans le monde des entreprises, en France, la commande numérique est à l'heure actuelle un outil de plus en plus familier, notamment sous la forme des centres d'usinage.

L'atelier flexible, en ce qu'il représente de lourds investissements en matériel et en frais de "déverminage", reste, naturellement l'apanage des grandes entreprises.

A noter cependant une forme réduite de l'atelier flexible, dite "cellule flexible", consistant en une ou deux machines à commande numérique équipées d'un transporteur de pièces et d'un ou deux robots de chargement. Ces cellules, pratiquement autonomes, travaillant 24 heures sur 24 sans opérateur (avec une surveillance intermittente, toutefois, et un réapprovisionnement en outils affûtés), apparaissent maintenant dans la petite industrie.

**L'intégration productique.** Cependant, dans ces entreprises moyennes et petites, même largement "productivisées", les éléments de productique sont le plus souvent épars, sans connexion entre eux, ce qui conduit à des pertes de productivité et donc de compétitivité. D'où l'intérêt de l'"intégration productique", c'est-à-dire, tout simplement, l'ensemble des opérations permettant de relier, par l'informatique, les diverses fonctions informatisées de l'entreprise afin d'approcher, sinon d'atteindre, le stade "zéro papier" et d'éliminer au maximum les erreurs introduites par l'intervention humaine.

L'intégration productique, c'est en quelque sorte la constitution du puzzle à partir des pièces existantes, mais séparées, c'est éviter de refaire trois fois la même chose, c'est tirer tout ce qui est possible des petits bouts d'informatique plantés ici et là. C'est, éventuellement, ajouter de l'informatique à un stade où son absence interdit cette intégration.

Une usine de production, par exemple, en combinant l'intégration et une partie d'atelier flexible, exécute une famille de pièces particulièrement compliquées de moteur d'avion à réaction. Par les méthodes traditionnelles, le cycle d'exécution de chaque pièce (le temps écoulé entre la réception de la pièce brute et la sortie de la pièce finie) était de 6 à 7 mois. La nouvelle usine a réduit ce cycle à 6 semaines et va, sous peu, le réduire à un mois.

**La fin de la pyramide hiérarchique.** Autre conséquence, et fondamentale, de confier à l'informatique l'exécution des tâches banales et la liaison entre elles : il n'y a plus, dans cette usine, que deux niveaux hiérarchiques : plus de directeur, de chef d'atelier, de contremaître, d'ouvriers spécialisés, de manœuvres.

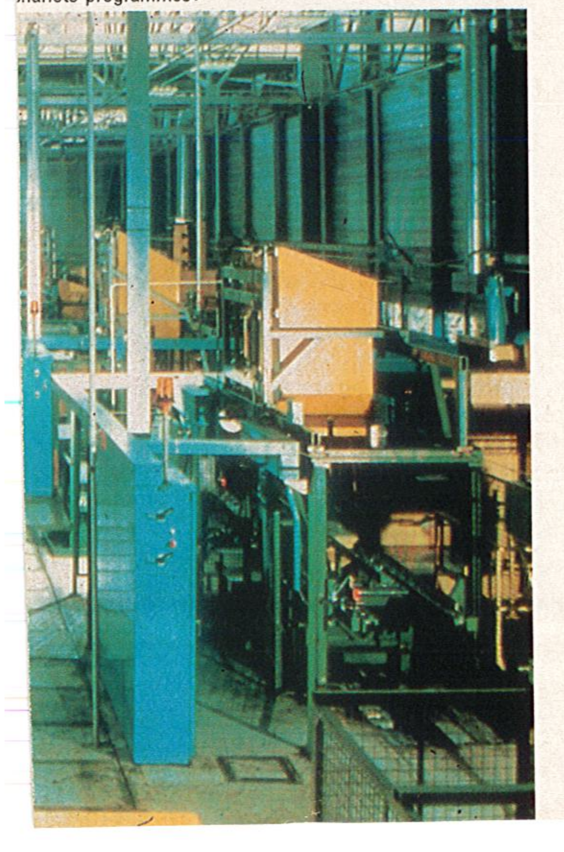
**Cet atelier n'est pas en grève.** Il n'y a personne parce qu'il est entièremen autonome. Même le chargement, sur les machines à commande numérique, des pièce



Sur les 120 personnes qui y travaillent en deux équipes, 118 sont des "techniciens" chargés de surveiller les automatismes, de s'assurer que les outils sont disponibles et en bon état, de parer à des manques ou à de petits incidents, d'alerter en cas de grosses pannes... L'usine n'emploie que deux ingénieurs dont la tâche est de superviser, d'assurer les liaisons avec les organes du siège social, de préparer les investissements à venir, de débattre des programmes de production, etc... Une des images les plus révolutionnaires que la productique apporte à l'usine du futur est l'abandon définitif de l'organigramme en forme de pyramide (ou de sapin de Noël) : les qualifications des 118 techniciens sont peu différentes les unes des autres, leurs salaires très voisins et les tâches répétitives et harassantes disparues.

Certes, il y a beaucoup à faire avant d'arriver à la productique intégrée dans nos usines. Car cet "assemblage" intelligent de l'informatique utilisée à divers postes, va demander réflexion, investissements (il y a des pièces du puzzle qui manquent), heures de travail pour créer les bonnes liaisons. Cela va bouleverser les habitudes, apporter des gênes, coûter du chiffre d'affaires pendant la transformation ; on commettra des erreurs, on devra faire machine arrière... Organisation et mentalités vont changer, par la force des choses. A titre d'exemple, la vieille réticence des petites entreprises françaises à faire appel à des conseils extérieurs devra disparaître. Que de temps et d'argent économisés lorsqu'une telle mutation est opérée en recourant à des spécialistes riches d'expérience.

nécessaires à la fabrication de carters de camions est fait par
chariots programmés.



Le pari est de taille. Toutes les entreprises moyennes et petites ne sont pas mûres. L'informatique n'y est pas partout présente, ni la commande numérique, la CAO n'y fait son entrée que timidement et, a fortiori, la CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur). Peu de PMI sont aussi prêtes à faire le saut que décrit l'***encadré p. 102***, certes teinté d'optimisme et plutôt destiné à faire comprendre ce dont il s'agit qu'à donner une image fidèle d'une réalité quotidienne. Pour beaucoup, l'intégration de la productique reste un projet futuriste.

*Productique intégrée : la fin de la pyramide hiérarchique*

Tout indique cependant que c'est, pour les industries manufacturières, la voie de l'avenir. Et, si nous allons vite, si nous accomplissons cette évolution (ou révolution ?) avec intelligence et perspicacité, si nous appliquons cette "logique" de l'intégration, nous pourrons sans doute brûler une étape (encore que nos voisins allemands aient déjà pris le même chemin) et éviter de nous laisser engloutir par la future Europe.

Conscient de l'enjeu, le ministère chargé de l'Industrie a décidé d'accélérer le processus. Dès la fin de 1990, il a mis en œuvre une procédure d'incitation à l'intégration pour aider les entreprises moyennes et petites à "intégrer" intelligemment et si possible vite ([10]), pour amener le tissu industriel français à l'heure du troisième millénaire. Rendez-vous dans trois ans !

**Michel Barba**

---

(1) Seul compte le mouvement relatif vis-écrou. L'écrou peut être fixe et la vis avancer ou reculer dans l'écrou. On peut aussi laisser la plaque fixe et faire déplacer le porte-foret, là aussi à l'aide de deux vis-écrous perpendiculaires représentant les deux coordonnées du trou.

(2) Il y a plusieurs centaines de familles de machines-outils et dans chaque famille, plusieurs dizaines de types.

(3) Ces magasins d'outils, incorporés à la machine, sont mécanisés et obéissent aux ordres du programme. Ils s'animent et présentent l'outil sélectionné pour la prochaine opération d'usinage.

(4) Après avoir été usinées, les pièces sont conduites à des machines de contrôle automatique, elles-mêmes programmables, numérisées, qui les inspectent et comparent les dimensions des pièces à celles du dessin.

(5) Les seuls êtres humains présents devant la ligne-transfert sont des surveillants qui s'assurent de la bonne marche et interviennent en cas d'incident.

(6) 1 micromètre (µm) = 1/1000 000 mètre (ou $10^{-6}$ m)= 1 000 nanomètres (nm). 1 nanomètre = 1/1 000 000 000 mètre (ou $10^{-9}$ m) = 1/1 000 micron = 10 angströms (Å). Diamètre d'un atome d'aluminium : 0,3 nm.

(7) Le mot vient du Japon : il désigne l'ensemble des produits, méthodes et moyens de fabrication dont l'unité de mesure est le nanomètre.

(8) Cette adaptation existe depuis des décennies dans l'industrie chimique (raffineries, réacteurs de synthèse), mais elle est différente de notre propos, à double titre : d'une part, en chimie, on traite des flux continus de produits et non des objets discrets ; d'autre part, l'adaptation automatique des chimistes est restée longtemps de type analogique et ne s'est numérisée que récemment.

(9) En 1989, 55 % des machines-outils livrées dans les pays industriels étaient à commande numérique.

(10) Procédure "LOGIC".

Physique

# UN MOTEUR QUI MARCH

*Que le fer avance et se rétracte comme une chenille sous l'action d'un champ magnétique est chose (peu) connue depuis 1937. Il a fallu la découverte d'alliages sensibles pour que ce processus mène à un moteur d'une force colossale.*



PAR RENAUD DE LA TAILLE

Depuis l'avènement de la métallurgie, on sait exploiter la force énorme mise en jeu par les phénomènes de dilatation ou de contraction des solides lors des changements de température : c'est par refroidissement qu'on cerclait de fer les roues en bois des chariots, ou qu'on réalise aujourd'hui des emmanchements incroyablement solides de pièces mécaniques.

Mais les allongements ou rétrécissements des solides n'apparaissent pas seulement lors des changements de température : le courant électrique et le champ magnétique provoquent eux aussi des changements de dimensions mettant en jeu des forces énormes. De plus, les dilatations thermiques sont très lentes à mettre en œuvre, alors que celles dues au courants ou aux champs se manifestent sur commande en une minuscule fraction de seconde.

De ce fait, il devient possible de convertir en force motrice ces effets d'allongement et de rétraction, bien que leur amplitude reste très faible. C'est d'ailleurs là que sont apparues les difficultés, à tel point que les moteurs utilisant ces effets sont très récents, les premières applications ayant surtout concerné les transducteurs sonores — en fait des sortes de haut-parleurs transformant des courants alternatifs en vibrations mécaniques (***voir photo page ci-contre***).

Le premier effet de ce type à être exploité fut la piézoélectricité : au passage du courant, certains cristaux, dont le plus classique est le quartz, allongent d'un côté et rétrécissent de l'autre — le volume ne change pas. Inversement, une pression ou un étirement appliqués au cristal engendrent un courant électrique ; le phénomène a été découvert en 1880 par Curie.

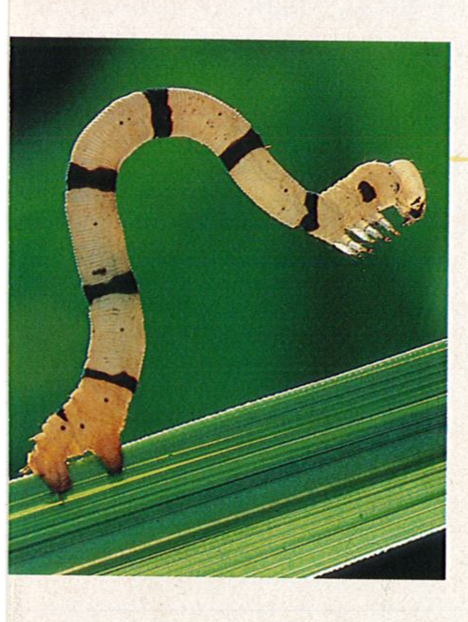
La magnétostriction, dont l'effet linéaire est appelé piézomagnétisme, a été découvert en 1837 par Marion et Page : les éléments susceptibles d'aimantation, comme le fer, le nickel et le cobalt, subissent des changements de dimensions en présence d'un champ magnétique. Comme c'est le cas avec le courant électrique, le volume ne change pas, sauf pour des champs très élevés.

Avec un courant alternatif, lequel engendre un champ alternatif, les deux effets, piézoélectriques et piézomagnétiques, se traduisent par des variations périodiques de dimensions qui ne sont autres que des vibrations. On s'en est donc servi pour réaliser des émetteurs d'ondes sonores, en particulier pour la détection sous-marine.

Le piézomagnétisme fut utilisé pendant la dernière guerre, mais il fut progressivement abandonné au profit de la piézoélectricité qui, grâce aux céramiques, pouvait donner des puissances plus grandes. Qui plus est, un courant électrique est plus facile à manier qu'un champ magnétique et l'effet magnétostrictif finit par tomber dans l'oubli.

Dans les années 1960, on découvrit les propriétés magnétiques de certains éléments des terres rares — samarium, terbium, dysprosium, etc. — qui manifes-

E COMME UNE CHENILLE





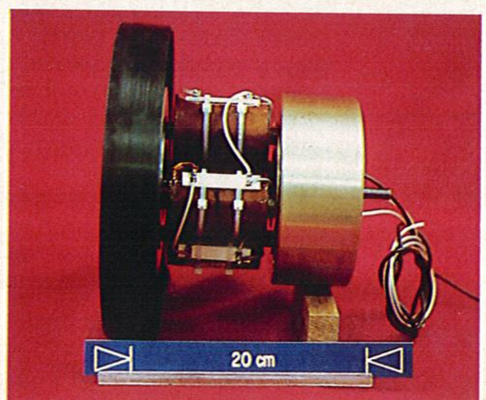
taient en outre des effets piézomagnétiques de grande amplitude, mais à des températures très basses. Plus tard, en combinaison avec du fer, ces éléments permirent d'obtenir des alliages magnétostrictifs à la température ambiante, mais en présence de champs très élevés.

Puis, en 1974, les chercheurs du Naval Ordnance Laboratory (USA) découvrirent un alliage ternaire de terbium, dysprosium et fer, dénommé Terfenol-D, (de terbium (Ter), fer (fe), Naval Ordnance Laboratory (nol) et (D) dysprosium),dont les effets magnétostrictifs étaient très élevés en présence de champs magnétiques faciles à obtenir avec des électroaimants — champs de l'ordre de 20 à 100 kA/m. A partir de là il devenait possible d'envisager de nombreuses applications touchant aussi bien au domaine des transducteurs sonores que des moteurs, des valves, des injecteurs diesel et autres.

Notons que les recherches ont surtout été menées aux USA et au Japon, mais que tous les laboratoires d'Europe s'y intéressent maintenant. En France, il nous faut citer F. Claeyssen et N. Lhermet dont les travaux à la société Cedrat Recherche nous ont servi de base pour cette étude.

La magnétostriction, nous l'avons vu, fut découverte il y a plus de cent cinquante ans ; mais avec les métaux non alliés son effet est si faible qu'il s'agit d'une simple curiosité de laboratoire. Une barre de fer ou de nickel mesurant 1 mètre ne s'allonge que de 2 centièmes de millimètres sous l'action d'un fort champ magnétique. C'est là une variation bien trop faible pour être utilisée dans un mécanisme quelconque, surtout si l'on ajoute que, pour alimenter un électroaimant de 1 m, il faudrait des puissances bien trop grandes par rapport à l'effet constaté.

Avec les alliages ternaires à base de terres rares, on entre dans un autre domaine : les allongements sont 100 fois supérieurs à ceux observés pour le fer ou le nickel ; en présence d'un champ magnétique, une barre de Terfenol de 1 m augmente de 2,4 mm, ce qui est facilement perceptible à l'œil nu et tout à fait




**Un haut-parleur sous-marin**, utilisant comme élément vibrant un alliage sensible à la dilatation magnétique ; construit par la société Cedrat, il est plus puissant que les résonateurs piézoélectriques et est destiné à équiper les sonars qui servent aux sondages et à la détection sous-marine.

exploitable par un mécanisme classique.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de faire un montage aussi grand : une simple tige de 20 cm allongera encore d'un demi-millimètre, ce qui sera immédiatement repérable avec une banale règle d'écolier. Si l'on considère les diverses variations que peuvent subir les matériaux, on trouverait au bas de l'échelle la magnétostriction appliquée aux alliages classiques de fer/nickel/cobalt qui est, nous l'avons dit, de l'ordre de 0,02 mm par mètre.

La piézoélectricité vient ensuite avec des effets dont l'amplitude est 20 fois plus grande en moyenne, soit 0,4 mm par mètre. En haut de l'échelle on a enfin les dilatations thermiques et les allongements piézomagnétiques qui sont du même ordre de grandeur avec les alliages les plus sensibles (mais qui ne sont pas les mêmes dans les deux cas) : 2,4 mm par mètre pour le Terfenol, et 2,4 mm aussi pour l'aluminium entre 0°C et 100°C.

Si l'on prend les forces électrotechniques usuelles comme référence (ce sont les forces magnétiques d'attraction ou de répulsion mises en jeu dans les moteurs et les servomécanismes), les forces piézoélectriques sont de 10 à 20 fois supérieures, et les forces piézomagnétiques de 20 à 50 fois plus grandes. Ces dernières sont donc du même niveau que les forces de dilatation ou de contraction thermiques — environ 2 500 daN/cm².

Cela revient à dire qu'un barreau carré de 1 cm soulèverait une masse de 2,5 tonnes, ce qui fait de la magnétostriction une force colossale. Dans le cas de la dilatation thermique, la force est due à l'agitation moléculaire qui augmente avec la température ; avec la piézoélectricité, ce sont les centres de charges électriques, situés au milieu des atomes, qui sont déplacés par le champ électrique ; enfin, dans la magnétostriction, c'est le couplage spin (rotation des électrons)/orbite qui est en jeu.

Si ce couplage est fort, ce qui est le cas dans les matériaux ferromagnétiques, une variation d'orientation des spins sous l'action d'un champ magnétique entraîne une modification des orbitales électroniques, et donc une modification des distances interatomiques. La distance entre atomes conditionnant le volume d'une masse donnée de matière, toute variation de cette distance entraîne un changement de volume, et donc un changement des dimensions.

Tout cristal ayant des directions privilégiées (axes de symétrie du réseau cristallin), les variations de volume, quelle qu'en soit la cause, se font de manière inégale selon ces directions. La pièce utilisée doit donc être taillée selon l'axe du réseau cristallin où se produit la plus grande déformation, du moins dans le cas qui nous intéresse ici où l'on veut exploiter au mieux les variations de volume.

En pratique, d'ailleurs, quand on parle changement de longueur, on considère un barreau qui a été taillé selon la direction de plus grande variation linéaire. Comparée aux déplacements des systèmes mécaniques habituels, cette variation apparaît très modeste : au mieux, nous l'avons dit, de 2 mm à 2,5 mm.

Mais cet allongement se fait avec une force énorme, et de plus il se fait sur commande et très vite. C'est donc déjà une excellente transformation du courant alternatif en vibrations mécaniques de grande puissance, et ce fut là une des premières utilisations de la piézoélectricité. Le piézomagnétisme pouvant mettre en jeu des puissances de 3 à 10 fois supérieures, sa première application pratique concerne aussi les transducteurs acoustiques.

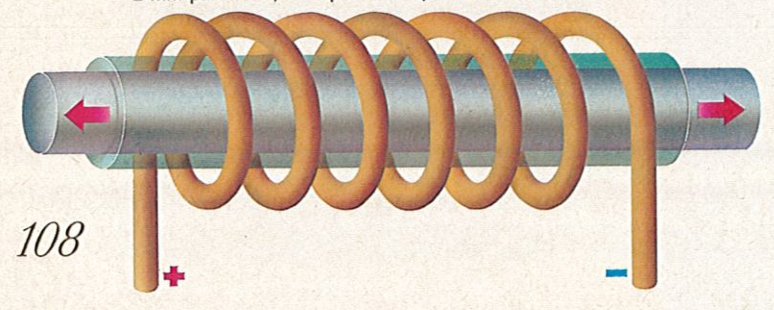
Ceux-ci ne sont que des haut-parleurs d'un type particulier, conçus pour émettre des sons simples mais de très grande intensité. On s'en sert surtout pour faire de la détection en milieu sous-marin. En effet, l'eau étant beaucoup plus difficile à déplacer que l'air — il suffit d'essayer de courir dans une piscine pour s'en rendre compte — il faut des émetteurs acoustiques très forts pour faire osciller en profondeur de grandes masses liquides.

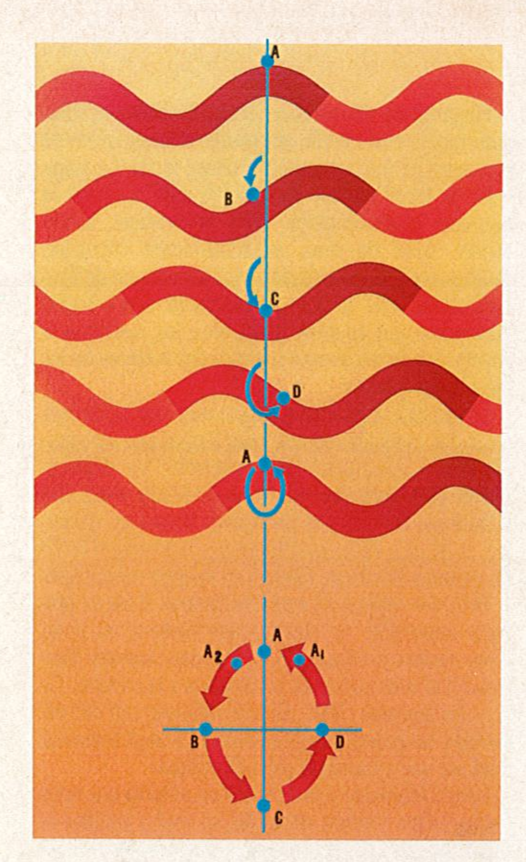
Qui plus est, ce sont les basses fréquences qui se propagent le plus loin, et la magnétostriction se prêtait bien à la construction de sonars de ce type. C'est ainsi qu'en France, la société Cedrat a déjà réalisé pour le compte de la Marine nationale des transducteurs acoustiques beaucoup plus performants que ceux qui utilisent classiquement la piézoélectricité.

Toutefois, il ne s'agit là que d'une application classique et très simple. Un mouvement vibratoire dont la force d'oscillation est très grande peut mener à toutes sortes de réalisations : électrovannes, ressorts à élasticité contrôlée, aiguilles actives pour injecteurs de diesels et, d'une manière générale, tous les dispositifs requérant un faible déplacement et une force très intense.

Chose plus curieuse, on peut aussi transformer une vibration en mouvement circulaire, avec cet avantage que la rotation sera lente

**Comme la chaleur, l'aimantation allonge le fer**, mais l'effet n'est nettement marqué qu'avec certains alliages tout récemment découverts ; dans le champ d'un électroaimant, ils se dilatent de plus de 2 mm par mètre, et le processus peut servir de force motrice.






mais avec un couple très élevé. L'inconvénient des moteurs électriques classiques, c'est d'avoir un couple qui est relativement modeste, même à basse vitesse ; encore sont-ils sur ce point très supérieurs aux moteurs thermiques (pistons ou turbines) dont la force à bas régime est voisine de zéro.

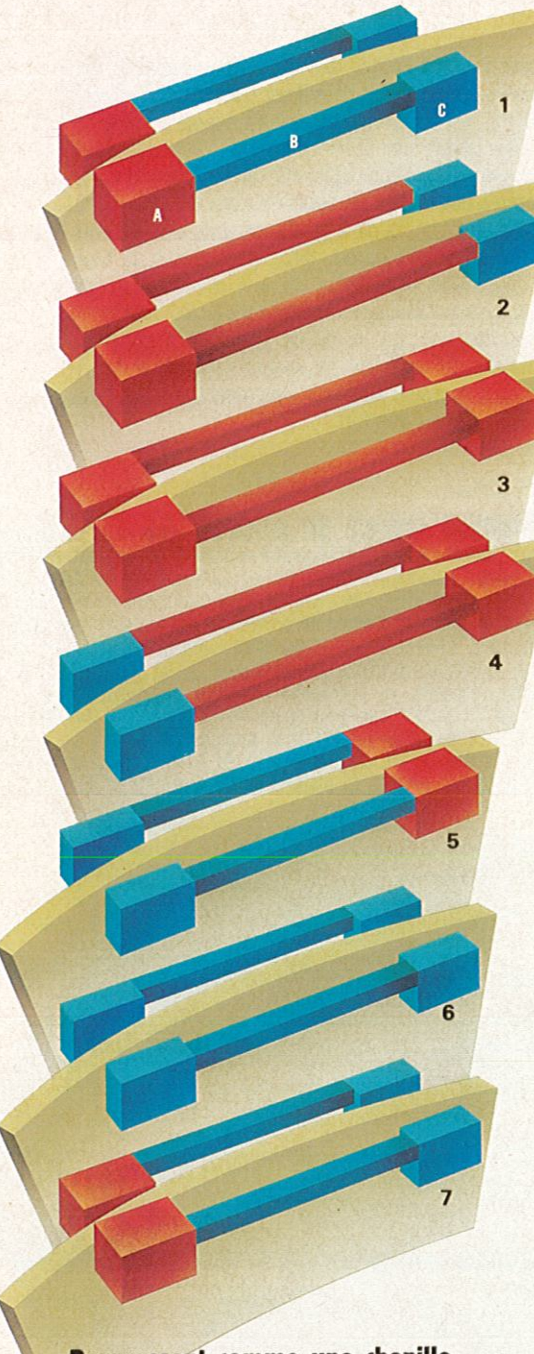
En pratique, là où il faut un régime lent et beaucoup de couple, on est obligé d'interposer un train d'engrenages réducteurs, ou une transmission par moteurs hydrauliques fonctionnant à très forte pression comme c'est la cas de beaucoup d'engins de chantier. Inversement, les moteurs partant d'une vibration tournent toujours lentement mais avec un couple qui est très fort.

**Ondulant comme un serpent**, cet anneau de céramique piézoélectrique (ci-dessous) soumis à un courant alternatif constitue l'élément moteur qui va faire tourner le plateau sur son axe ; en effet, les sommets des ondulations effectuent un léger mouvement d'avant en arrière qui est transmis par contact au rotor. Chaque point du matériau soumis à un courant alternatif décrit une orbite elliptique autour de sa position de repos. Ainsi, montant et descendant comme un bouchon sur une vague, le point A oscille et occupe successivement les positions B, C, D, avant de revenir à sa position de départ. Le contact avec le plateau se fait quand il va de A1 à A, puis de A à A2, c'est ce qui permet au plateau de tourner.

Axe

Plateau

Anneau de céramique




**Progressant comme une chenille**, l'élément actif du moteur à magnétostriction entraîne le disque du rotor par fractions de tour minuscules mais très puissantes. Sous l'action du champ d'un bobinage, chaque pièce A, B, ou C va se dilater ou se rétracter. Au départ, la pièce fixe A est dilatée et serre le rotor (**1**) ; après quoi on dilate — par envoi d'un courant dans la bobine — la pièce B (**2**) qui s'allonge, puis la pièce C(**3**) qui serre alors le disque ; on relâche ensuite A (**4**), puis B (**5**) qui se rétracte en entraînant le disque grâce à C ; on resserre alors A (**6**), on relâche C (**7**) et le processus recommence.

Passer d'une vibration, qui est un mouvement alternatif rapide et de faible amplitude, à un mouvement circulaire ne fut pas toutefois chose facile. La manivelle du treuil qui tire le seau du puits a fourni la première transformation d'un mouvement avant-arrière, celui du bras, en mouvement circulaire. Transposée à la mécanique avec l'avènement de l'ère industrielle, elle a donné l'ensemble piston-bielle-vilebrequin qui équipait aussi bien les machines à vapeur que les moteurs à essence des voitures ou les diesels des navires.

Le principe a pu être appliqué aux tout petits moteurs des modèles réduits, mais il n'est pas susceptible d'être miniaturisé pour exploiter les déplacements alternatifs les plus fins, à savoir ceux des vibrations. Or celles-ci possèdent beaucoup d'énergie, et de plus elles constituent une conversion facile du courant électrique alterné en énergie mécanique.

Pour des raisons d'inertie mécanique, il est en pratique impossible de coupler une bielle à un point d'une surface oscillante, et il fallut donc trouver d'autres voies pour passer de la vibration à la rotation. Ce sont les japonais (NEC, Hitachi, Shinsei) qui ont développé les premiers moteurs rotatifs dont l'élément actif est une céramique piézoélectrique.

Cette céramique a la forme d'un anneau qui, sous l'action d'un courant alternatif, se met à osciller et prend l'aspect de ces rondelles ondulées qu'on met sur les boulons. Cette ondulation semble tourner, bien que l'anneau soit fixe et lié au stator du moteur. En réalité, l'anneau ne tourne pas en bloc, mais chacun de ses points décrit une petite ellipse autour de sa position de repos — le phénomène est similaire à celui du bouchon qui danse sur les vagues sans avancer alors qu'on voit nettement ces vagues se déplacer.

Par contre, un disque en contact avec l'anneau va se mettre à tourner à la vitesse de l'onde, mais en sens contraire; en effet, il est entraîné par les points de contact des bosses de l'ondulation qui sont dans la phase haute de leur trajectoire elliptique, comme le montre notre ***dessin p. 109***.

Ces moteurs piézoélectriques sont aujourd'hui employés dans la vidéo (zoom des camescopes, Japon), dans l'horlogerie (Suisse), ou dans l'automobile pour les vitres et les essuie-glaces (Allemagne). Notons que ce principe d'entraînement par contact s'applique aussi bien pour des déplacements linéaires que pour les rotations.

Une autre variété, qui peut s'appliquer aussi bien à la piézoélectricité qu'au piézomagnétisme, a été développée en Allemagne. Cette fois, le mouvement s'apparente tout à fait à la progression d'une chenille qui prend appui sur ses pattes arrières, s'étire, s'accroche avec ses pattes avant, décroche de l'arrière, se contracte et recommence le cycle.

La magnétostriction mettant en jeu des forces énormes avec un faible déplacement, on peut repro-

(suite du texte page 167)

# ECHOS DE L'INDUSTRIE

AGRICULTURE

## Le fumier du voisin...

Produire toujours plus, à un coût toujours plus faible : ces deux impératifs ont, de longue date, constitué l'essentiel, sinon l'unique, souci de notre politique agricole. Les considérables excédents qui ont succédé dans ce domaine à la pénurie de l'après-guerre témoignent de sa réussite.

On s'aperçoit cependant aujourd'hui que ces progrès ont, comme c'est fréquent, leurs "invités inattendus" selon l'expression de Jean Fourastié. L'économiste signifie par là que, lorsqu'on fait avancer une chose à outrance, ou trop vite, on risque fort, parce qu'on n'a pas pensé à toutes les forces qu'on mettait en branle, de déclencher une régression ailleurs, une contre-performance, une nuisance et, finalement, un résultat économique globalement négatif.

Ainsi en irait-il de l'agriculture, où, selon une étude publiée par des chercheurs de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), ce phénomène "invités inattendus du progrès" aurait joué avec toute sa force. Les mêmes experts qui l'ont encouragée hier, constatent aujourd'hui que la réussite agricole a eu lieu « au prix d'une dégradation des milieux naturels et des paysages ainsi que de menaces sur la santé liées à l'accumulation des nitrates et des produits phytosanitaires dans le sol ».

Un exemple précis ? 489 exploitations du Réseau d'information comptable agricole (RICA) ont été suivies pendant 5 ans. Résultat : les trois quarts des agriculteurs achètent des engrais en quantité telle qu'il y a un excédent d'azote sur leurs terres.

Les chercheurs de l'INRA tirent aujourd'hui la sonnette d'alarme, bien qu'il soit un peu tard et qu'on ne puisse, d'un coup de baguette magique, changer des comportements qu'on a précédemment longuement appris aux agriculteurs. Ces chercheurs, donc, s'avisent que, dans le bilan économique de l'agriculture, on a oublié de comptabiliser un facteur de production de taille puisqu'il s'agit, tout simplement, de... la nature.

On l'a simplement comptée pour rien, on a considéré qu'elle était gratuite, inépuisable et indestructible. Et on a aussi, dans le même temps, "oublié" que les dommages qui résultaient de son utilisation excessive étaient « subis par la collectivité, notamment au travers des problèmes de traitement des eaux, des risques encourus par la santé humaine et de la destruction de certains paysages ou de formes de vie sauvage ».

Et les chercheurs de l'INRA poursuivent : « Quand les coûts ainsi supportés par la société s'avèrent supérieurs aux bénéfices, apparaît un déséquilibre entre les avantages procurés par l'agriculture et ce qu'il en coûte à la collectivité. »

Cette formidable croissance économique de l'agriculture depuis les années 1950 ne serait-elle qu'une illusion d'optique, une erreur de comptabilité ? Le bilan serait-il truqué, pour ne faire apparaître que les rentrées, pas les dépenses ? C'est là, en fait, un problème général à l'économie française, à sa comptabilité économique, que nous avions dénoncé, il y a plusieurs années, dans une série d'articles intitulés "La croissance économique, une illusion comptable".

Grands maux, petits remèdes. Comme première mesure, dans une réflexion maintenant ouverte, les chercheurs de l'INRA préconisent de taxer les engrais, pour inciter les exploitants à en réduire leurs achats, donc à faire un usage plus raisonné de ces polluants. Cette mesure entraînerait par ricochet, estiment-ils, un comportement nouveau et doublement souhaitable chez les agriculteurs : ils seraient poussés à mieux valoriser les déjections animales.

Et même, en cas de surplus sur une exploitation, ces déjections deviendraient attractives pour les voisins, qui pourraient les accueillir ou les acheter.





COMMUNES

# Compost en stocks

L'entretien des espaces verts urbains oblige à récolter chaque année 500 000 tonnes de déchets végétaux qui vont encombrer les décharges municipales déjà saturées. Les responsables de l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) se sont dits qu'il y avait là un véritable paradoxe : en effet cette pollution (qui n'en est pas une) pourait fort bien, en étant gérée et valorisée, se transformer en richesse, sous la forme de compost, pour retourner ensuite à ses origines.

Les techniciens de l'ANRED ont donc conçu ce qu'ils appellent des plates-formes "végéterres". Il s'agit de sites où l'on transporte les tontes de gazon, feuilles mortes, tailles d'arbres et d'arbustes ; elles y sont broyées, affinées et compostées selon un procédé mis au point par l'Agence. Une telle plate-forme de valorisation coûterait de un à deux millions de francs, selon son importance.

L'ANRED pense ouvrir 20 de ces centres "végéterres" dans les trois ans. Leur production atteindrait 30 000 tonnes d'un amendement végétal particulièrement riche.

GEOLOGIE

# Géobanque : tout ce que vous voulez savoir sur le sous-sol

Canalisations, puits, forages, adductions... le sous-sol français évoque un véritable gruyère. Elus, ingénieurs, responsables des collectivités, industriels, agriculteurs n'auront pourtant plus d'excuse à forer là où il ne faut pas, par exemple dans une nappe phréatique ou sur le cours souterrain d'un ruisseau, pour y entreprendre divers travaux ou y répandre leurs diverses et multiples pollutions.

En effet le BRGM, le Bureau de recherche géologique et minière, met à la disposition de tout un chacun, simplement sur Minitel, sans abonnement ni mot de passe, en composant le 36 28 00 03, sa banque de données du sous-sol, intitulée "Géobanque".

Géobanque fournit toutes les informations générales nécessaires, et le plus souvent suffisantes, à une première réponse sur les questions que l'on peut se poser quant au sous-sol d'une région (situation, type, objet, utilisation des forages existants). Et cela pour 400 000 points d'observation, qu'il s'agisse de travaux d'exploration (puits, sondages, forages...), de sites d'exploitation (mines, carrières...), d'affleurements ou de cavités naturelles. Ces informations sont mises à jour tous les six mois.



Si l'on souhaite des informations plus détaillées — coupes géologiques, analyses chimiques... — on peut soit commander le dossier original par minitel (le service est payant), soit le consulter dans l'une des 24 agences régionales du BRGM, ou à la Maison de la géologie (77 rue Claude Bernard, 75005 Paris).

A signaler enfin, et ce n'est pas le moins intéressant, que Géobanque permet de s'informer sur la législation qui régit le sous-sol en France et sur la manière dont un forage doit être déclaré à l'administration. On peut aussi consulter les spécialistes du BRGM par l'intermédiaire de cette banque de données.

Alors, si vous êtes impatient de savoir quels sont, par exemple, les points de forages d'eau d'une profondeur supérieure à 100 m situés dans la Loire-Atlantique ou la Drôme, quels sont les indices aurifères en Bretagne, ou encore quels sont les travaux de reconnaissance des sols entrepris dans le XII^e^ arrondissement de Paris, sautez sur votre minitel et tapez 36 28 00 03. (Pour tout renseignement, s'adresser à Christian Nail, BRGM, tél. (16) 38 64 30 98.)

PIERRES PRECIEUSES

# Chercheur-expert conservateur en quête de musée

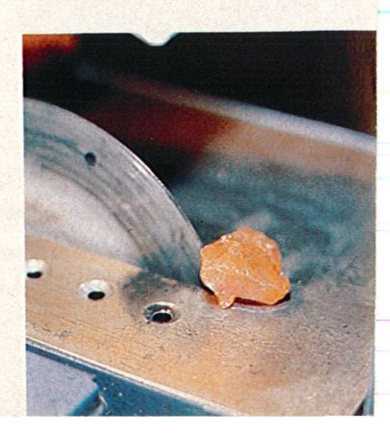
Pascal Entremont devrait être un homme heureux. Il possède l'une des plus importantes collections de pierres fines du monde : plus de 350 pièces appartenant à plus de 100 variétés, acquises en dix ans de "chasse" sur les cinq continents.

Des pierres rarissimes, plus chères que le diamant blanc, comme le chrysobéryl alexandrite, dont la couleur passe du vert au rouge, suivant le type d'éclairage (naturel ou artificiel) ; ou le "Two pound Star", un grenat étoilé de plus de 5 000 carats, le plus gros connu dans le monde.

Pascal Entremont possède aussi des gemmes qui cumulent trois éléments de rareté : leur famille, leurs phénomènes optiques et leur rapport poids/espèce. Ainsi un chrysobéryl étoilé, un béryl-bicolore ou une émeraude "œil de chat". Rares parmi les rares, ces gemmes sont si peu nombreuses que l'on pourrait les recenser sur la planète.

Ces pierres, dont dix peuvent prétendre à des records du monde, il les cherche, les expertise, les achète pour le compte des plus grosses fortunes mondiales. Ses compétences sont en effet parfaitement reconnues : il est le porte-parole du Centre de recherche gemmologique de la faculté des sciences de Nantes.

Seulement ce collectionneur n'est pas un égoïste. S'il a réalisé



son rêve, ce n'est qu'en partie. Ce qu'il veut plus que tout, c'est en effet faire partager la splendeur de ses pierres fines au grand public. Et, pour cela, créer le premier musée français de gemmologie, y exposer pierres précieuses et y montrer aussi les techniques lapidaires et gemmologiques. Car, outre ses gemmes inestimables, Pascal Entremont possède également une importante collection de livres anciens, lettres, cartes, actions minières, matériel lapidaire, outils de prospection, dont l'exposition donnerait au musée son indispensable facette didactique.

Pascal Entremont est donc un conservateur en quête de musée. Il apporte tout, il ne cherche qu'un écrin. Avis aux collectivités, associations, sociétés et personnes intéressées. Voilà, certes, une fort bonne idée pour un mécène. Encore quelques noms de pierres précieuses, pratiquement inconnues en France, pour éveiller au moins la curiosité : démantoïde ; padparadsha ; tsavorite ; tanzanite ; rubelite ; saphir rose, vert orange ou bicolore. Ces cristaux sont le plus souvent, et de loin, plus rares que ceux qui sont légalement classés précieux. Pas plus chers pour autant et pour le moins aussi beaux. Pour tout renseignement, Pascal Entremont, 12 passage Verdeau, 75009 Paris, tél. (1) 47 70 48 37.





AUTOMATES

# Le robot-tondeur plus habile que l'homme

Qu'il participe à la fabrication ou au déplacement des produits, ce qu'on l'on attend d'un robot, tel qu'on en voit dans les usines du monde entier, c'est qu'il positionne les pièces automatiquement, précisément et de manière répétitive. Toute initiative lui est strictement interdite.

Pourtant le prototype d'un robot qui vient d'être présenté en Australie s'adapte successivement à chaque problème qu'on lui présente. Jamais il n'effectue deux fois les mêmes gestes, gestes qu'il décide lui-même, en quelques fractions de seconde, pour faire face à la situation toujours nouvelle qui se pose à lui. Une fulgurante rapidité est en effet obligatoire : ce robot porte des lames qui tondent des moutons ; autant d'individus particuliers, donc, vivants, qui remuent, sont fragiles et constitués de matières éminemment tendres, fragiles et sensibles.

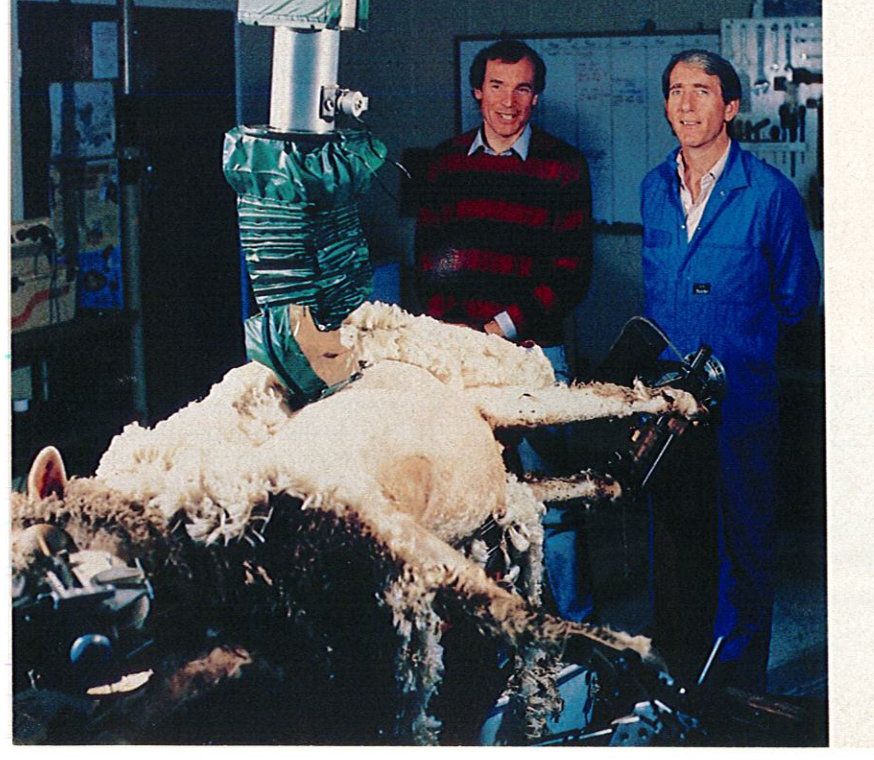
Il prend ses décisions grâce aux informations que lui transmettent, en un éclair, des capteurs ultrasensibles. Il peut ainsi traiter chaque mouton "sur mesures". Au point que ce robot-tondeur, le "tondeur miracle" comme l'ont surnommé les Australiens, fait subir aux bêtes des coupures moins nombreuses et beaucoup moins graves que lorsque la tonte est effectuée par les professionnels les plus aguerris...

Les membres de l'Australian Wool Corporation financent ce projet depuis 1975. Ils lui ont déjà consacré 6 millions de dollars australiens, environ 24 millions de nos francs. Et compte tenu de l'importance de l'enjeu économique qu'il représente, ils sont prêts à aller bien au-delà.

Les recherches sont menées par le département d'ingénierie mécanique de l'université d'Australie occidentale, et la première démonstration vient d'être effectuée sur un mérinos à la toison foisonnante. L'animal était bien sûr maintenu en position par un appareil de manipulation, qui forme avec le "tondeur magique" la seule machine automatique au monde à tondre entièrement les moutons.

M. James Trevelyan, coordinateur du projet, qui est à l'origine du robot mais aussi de sa technologie, explique la spécificité de ce dernier : « C'est le seul au monde à travailler sur des animaux, le seul conçu dès le départ pour un fonctionnement modulable, et l'un des seuls à définir automatiquement quelle sera sa manœuvre suivante. Les instructions dont il dispose sont formulées en données générales et il lui appartient de les interpréter en fonction de chaque mouton, car chaque animal est totalement différent des autres, quel que soit le critère de comparaison retenu. »

On estime en Australie que le robot-tondeur devrait être commercialisé avant la fin de la décennie.



**Chiminov' 91,** 2e Convention internationale de chimie fine. Ce sera, du 8 au 10 avril, dans les locaux du conseil régional de Haute-Normandie, l'occasion pour les entreprises du secteur d'échanger leurs technologies, brevets, licences, savoir-faire. Il ne s'agit pas d'un salon, mais de rencontres organisées sous la forme de rendez-vous pré-programmés entre offrants et demandeurs de technologies. La chimie fine — qui va de la pharmacie à la parfumerie, en passant par les produits phytosanitaires et vétérinaires — sera particulièrement chez elle en Haute-Normandie puisque ses effectifs y ont augmenté de 53 % en 10 ans, que ses investissements représentent plus du double de la moyenne nationale, et qu'elle réalise plus de 30 % du chiffre d'affaires régional. Pour toute information : M. Solignac, tél (1) 48 25 26 04 ou Agnès Merzi, tél (16) 35 52 56 00.

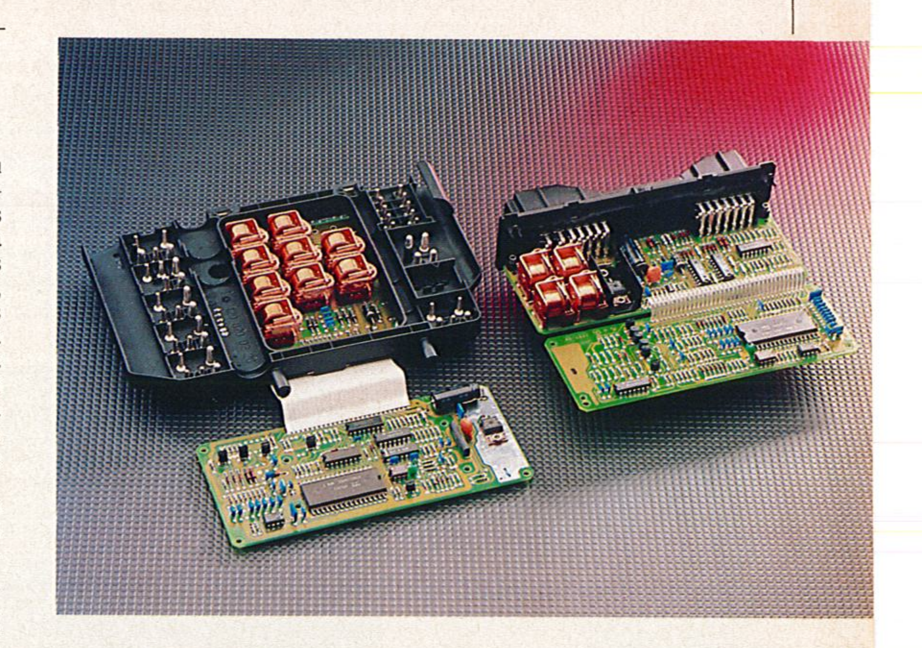
**Paris capitale des composites**, du 3 au 5 avril, au Palais des Congrès. 60 conférences présenteront l'état de la technique dans le monde. Et plus de 150 firmes ou laboratoires exposeront leurs dernières réalisations, présentant du même coup l'évolution des techniques de conception et de fabrication dans cette branche industrielle si hautement spécialisée. Informations : CPC, 65 rue de Prony, 75017 Paris, tél (1) 47 63 12 59.

AUTOMOBILE

# Auto réglable

Vous prêtez votre voiture, ou vous la donnez à réviser, ou simplement à laver et, dès que vous vous asseyez dedans, vous avez la désagréable impression de ne plus être "chez vous". Effectivement, les sièges ont été déréglés et les rétroviseurs réorientés, adaptés à d'autres utilisateurs. Ce qui peut être réellement dangereux car, si l'on sent toujours que le siège n'a pas la bonne position pour le corps, on oublie fréquemment de vérifier les rétroviseurs...

Deux modules électroniques compacts, mis au point par AEG Telefunken, permettent de supprimer ces problèmes (notre photo). Guère encombrants (10 x 15 cm), ils prennent place dans la console centrale située entre les sièges des passagers avant.



Par simple pression sur un bouton, ils replaceront les sièges avant et les rétroviseurs tels que vous les aviez réglés, au mieux pour vous. Pour les sièges, les modules électroniques sont capables de mémoriser cinq paramètres : l'ajustement longitudinal, la hauteur partie avant, la hauteur partie arrière, la position du dossier et la position de l'appuie-tête. Les positions des rétroviseurs intérieur et extérieurs sont également mémorisées. Leur ajustement s'effectue en fonction de la position du siège.

Pour tout renseignement adressez-vous à AEG technique et industrie, 10 avenue Réaumur, BP 314, 92143 Clamart Cedex, tél. (1) 45 37 96 00.

ANTIPOLLUTION

# Un peu plus de clarté dans les chiffres

On n'y voit guère clair dans les investissements industriels contre la pollution. D'après les chiffres bruts, il semblerait qu'ils soient retombés à un niveau très inférieur à celui qu'ils atteignaient au début des années 1980.

Cependant, ces investissements font de plus en plus partie intégrante de ceux qui améliorent les procédés : performances, viabilité, sécurité et, de ce fait, ils ne sont pas comptabilisés au titre de la protection de l'environnement.

En outre, les évaluations qui sont faites ne prennent pas non plus en compte les investissements de prévention des risques industriels, dont on estime pourtant qu'ils sont supérieurs aux dépenses antipollution.

Pour compléter le tout, les entreprises sont de plus en plus conduites à appliquer des procédés et technologies propres, d'une part pour être en conformité avec les lois et règlements français, d'autre part, surtout, pour être compétitives dans le cadre du grand marché européen de 1993.

Pour clarifier cette situation, le député Jacques Godfrain propose un article de loi selon lequel les entreprises devraient, dans leur rapport de gestion, présenter leurs investissements et leurs dépenses de fonctionnement dans les domaines de la protection de l'environnement, de la prévention des risques et des économies d'énergie.

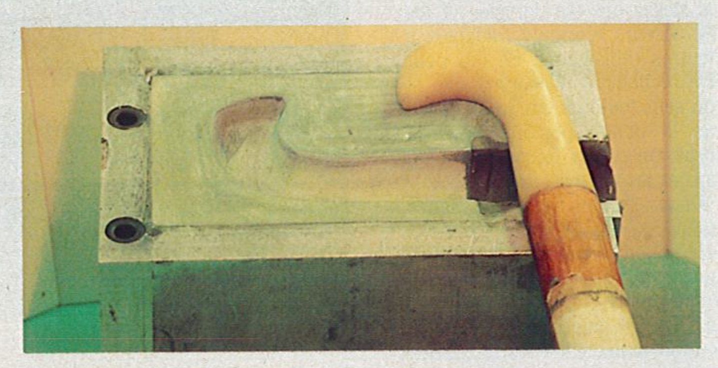
Un point nous paraît particulièrement intéressant dans la proposition de M. Godfrain : ce rapport devrait aussi indiquer « les procédures administratives ou judiciaires engagées au titre des législations sur la protection de l'environnement et la prévention des risques dans lesquelles l'entreprise est partie ou mise en cause, ainsi que leurs conséquences financières prévisibles ».

Cela intéresse certes les actionnaires de l'entreprise, mais aussi chaque citoyen, chaque consommateur. Cette information doit en effet être rendue publique d'autant plus que, dans certaines branches industrielles (pétrole, traitement de surfaces, pâte à papier), le montant des sommes qui seraient nécessaires pour assurer la protection de l'environnement est d'un ordre de grandeur très proche de celui des bénéfices des sociétés ; et que de nombreuses entreprises continuent à polluer sans vergogne, malgré les condamnations successives dont elles font l'objet. Elles préfèrent payer des amendes plutôt que devenir propres. Cela coûte moins cher...

## DES MARCHÉS À SAISIR

*Les innovations et les techniques et procédés nouveaux présentés dans cette rubrique ne sont pas encore exploités sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises industrielles et commerciales françaises. Comme l'ensemble des articles de* Science & Vie, *les informations que nous sélectionnons ici sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o* Science & Vie, *1 rue du Colonel Pierre-Avia, 75015 Paris, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.*

### LES MOULES À UN PRIX ABORDABLE



***Quoi ?***

Un procédé qui réduit très sensiblement les coûts et les délais de réalisation des moules d'injection plastique. Il permet de fabriquer des séries de quelques centaines de pièces, de tester rapidement le marché d'un nouveau produit, d'adapter éventuellement la forme de la pièce définitive.

***Comment ?***

Ce système comprend une empreinte de la pièce à reproduire réalisée par moulage, et non plus par usinage, et un encadrement métallique démontable (et réutilisable) qui permet sa fixation selon les mesures des différentes presses. L'empreinte peut être fabriquée à partir d'une pièce originale ou même d'un schéma envoyé par télécopieur en précisant le modèle de la presse à injection.

Avec ce moule, le client pourra injecter sur sa presse toutes les matières plastiques courantes, pour des séries allant de 100 à 1 000 pièces, selon leurs formes. Il lui coûtera de 10 à 20 000 F pour la carcasse métallique réutilisable, de 5 à 10 000 F pour l'empreinte. Soit 5 à 6 fois moins cher qu'en passant par les méthodes traditionnelles.

***Marché***

L'un des principaux problèmes posés par le lancement de produits nouveaux est le coût des moules. A plusieurs dizaines de milliers de francs, surtout s'il faut plusieurs moules, on réfléchit. On réfléchit tant et tant que, bien souvent, les idées restent des idées, des plans qu'on oublie au fond des tiroirs. Quant aux petites séries, peu voient le jour : trop chères. Voilà donc une invention fort utile et qui permettra peut-être à la créativité de nos inventeurs et de nos entreprises d'être moins "frileuse". Après tout, si "ça" ne marche pas, les conséquences ne seront pas dramatiques pour les innovateurs, par contre si "ça" trouve sa voie, les bénéfices peuvent être intéressants.

***Pour qui ?***

La firme qui a mis au point cette invention brevetée, et qui la fabrique, cherche à céder des licences et à trouver des partenaires pour développer son marché.

**Comment passer dans cette rubrique**

Si vous avez conçu une innovation ou un produit nouveau, adressez à « Des marchés à saisir » un descriptif de votre invention le plus clair possible, en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour cette rubrique. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo ou un schéma de votre prototype. Enfin faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.

## ENERGIE

# 10 km d'éoliennes

La Suède a installé en mer, au sud-est de Blekinge, une éolienne fournissant 500 000 kW par an à son réseau électrique. Ses capacités techniques seront testées pendant cinq ans, mais on étudiera aussi, en particulier, ses effets sur l'écologie marine.

Après quoi, et si tous les résultats sont concluants, 97 autres éoliennes devraient être installées dans un couloir de 10 km, le long de la côte de la mer Baltique. Elles seraient réunies en 14 groupes ou "fermes d'éoliennes".

Les responsables du projet (la Compagnie d'électricité de la Suède du Sud, l'Administration nationale de l'énergie et un groupe d'industriels) estiment que la production électrique de 60 éoliennes de même envergure pourrait remplacer celle des 12 réacteurs nucléaires suédois.

AUTOMATES

# Oscar, le robot-pompiste




Travailler tard le soir, être exposé aux intempéries, gaz d'échappement et vapeurs de carburant. Effectuer une tâche ingrate, répétitive, d'une désespérante monotonie. N'avoir pratiquement aucune perspective ni d'évolution, ni de promotion, c'est le sort de tout pompiste.
Autant de désagréments qui ne font ni chaud ni froid au robot "Oscar". Lui n'a pas d'états d'âme. Il ne renâcle jamais à la tâche. Et il n'est nullement atteint par les conditions souvent insalubres dans lesquelles il doit travailler. C'est en effet le premier robot serveur de carburant à être entré en service opérationnel.

Depuis quelques semaines, qui ont permis de démontrer la fiabilité du système, Oscar et son frère jumeau alimentent tous les soirs en gazole, lorsqu'ils rentrent au dépôt, les bus des réseaux de transport public urbain de Toulouse (géré par la SEMVAT) et de Bayonne (géré par la SAT).

Les deux firmes ont voulu un automate robuste et simple. Oscar est construit avec des composants du commerce éprouvés et, en cas d'un improbable incident, il serait toujours possible d'intervenir manuellement pour délivrer le carburant aux bus. Car ce robot n'est, en fait, que le porteur du pistolet d'une pompe distributrice classique. En effet, Oscar insère ce pistolet dans l'orifice de remplissage du véhicule , spécialement adapté — un bouchon à effacement axial — pour déclencher une opération de plein automatique.

Cette tâche signifie qu'Oscar doit tout de même pouvoir se déplacer suivant 4 axes : longitudinal (il va et vient sur le rail dont il est solidaire), transversal (il s'approche au plus près du bus), vertical (il recherche la hauteur du bouchon du réservoir de carburant), enfin en plongée (il entre son pistolet dans cet orifice et l'en ressort).




Voyons concrètement comment fonctionne le système. Un feu bicolore commande la piste ; lorsqu'il est vert, le bus entre dans l'aire de chargement en carburant. Au moment où il y pénètre, une balise de détection lit "à la volée" ses caractéristiques, inscrites sur une "étiquette électronique" apposée sur son flanc. Cette étiquette est une véritable carte d'identité du véhicule. Elle contient en particulier les indications nécessaires au repérage de la position du bouchon. Ces informations sont transmises au système de pilotage d'Oscar et déclenchent sa mise en route : pendant que le véhicule s'avance sur la piste, lui se positionne à l'endroit théorique où doit s'effectuer le plein de carburant.

Dès que le véhicule atteint une position bien définie, matérialisée par un sabot sur lequel vient se caler sa roue avant droite, les capteurs inductifs placés sur la tête d'Oscar (***photo ci-contre***) cherchent l'axe du bouchon, grâce à une mire noyée dans le plastron d'habillage de ce dernier. La mise en position correspondante du robot est effectuée et l'ordre d'ajuster la canne du pistolet transmis. Dès lors, le plein de carburant s'effectue, le pistolet déterminant lui-même la fin de l'opération avant de se retirer. Oscar retourne alors à son "point zéro", le véhicule quitte la piste, le suivant peut y accéder.

L'opération globale, de l'entrée du véhicule sur la piste à sa sortie, pour un plein de 100 litres de gazole, n'aura duré que 80 secondes. A noter enfin que, pendant que le plein s'effectue, le conducteur informe le système de gestion du kilométrage affiché par le compteur de son bus, grâce à un clavier situé à sa hauteur. Cette information permet de calculer immédiatement la consommation de carburant et la quantité de gazole à délivrer, enfin de stocker pour chaque bus de l'ensemble du parc des informations utiles pour les opérations d'entretien, de révision, de détection d'anomalies, etc.

**Nouveau pas nouveau ?** L'Institut national de la propriété industrielle (INPI) va mettre sur pieds une banque de données diffusant les renseignements sur les brevets déposés.

**Usines éphémères**, association artistique qui anime des lieux en attente de destruction (usines, hôpitaux...) propose une exposition "Entre ciel et Terre", rencontre entre les cultures scientifiques et artistiques, du 17 février au 24 mars 1991, du mardi au dimanche, de 12 h à 19 h, 2 et 4 rue Carpeaux, 75018 Paris. ■

# LA CARTE QUI DÉJOUE LES ÉCOUTES




***Deux puces, l'une dans votre téléphone, l'autre dans celui de votre correspondant, peuvent aujourd'hui se charger de crypter vos communications et en assurer ainsi la confidentialité.***

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Les tables d'écoute téléphonique sont certes interdites. Mais, en pratique, les écoutes pirates sont presque monnaie courante du fait de particuliers indélicats ou de certaines entreprises. Il faut dire que les matériels permettant de se brancher sur le réseau téléphonique sont faciles à se procurer et se trouvent même parfois en vente libre. Quant à "poser une bretelle", déviation sur une ligne, c'est pratiquement à la portée de tout un chacun, comme en témoigne nombre d'affaires de piratage suivies par l'administration (*Science & Vie*, n° 826 de juillet 1986).

De nombreuses entreprises ayant besoin de protéger des secrets de production, leurs stratégies commerciales et financières ou, plus simplement, la confidentialité de leurs conversations téléphoniques, ont cherché à coder leurs communications. Des matériels existent pour cela. Mais leur fonctionnement étant relativement simple, reposant sur des procédés analogiques, il est assez facile pour des spécialistes du piratage d'en découvrir la clé. Et ce d'autant mieux que ces matériels sont d'utilisation figée, ne permettant pas ou peu de modifications du codage. La protection qu'ils assurent contre les indiscrétions n'est donc que très relative.

Il existe aujourd'hui un moyen de réaliser un codage efficace ; il s'agit d'un système numérique, consistant à manipuler des chiffres comme cela se fait avec un micro-ordinateur, ce qui facilite les changements de clés. Malheureusement, il n'est pas simple de transmettre des signaux numériques par téléphone sur notre réseau commuté conventionnel, car la bande passante de chaque ligne, c'est-à-dire la plage des fréquences qu'elle peut véhiculer, de 300 à 3 000 Hz, est trop étroite.

Si ce spectre reste suffisant pour restituer à peu près correctement la parole transmise directement en analogique, il n'en est pas de même dès qu'on tente de traiter ses signaux pour les coder en numérique et les transmettre sous cette forme. Le signal électrique correspondant à la parole doit être converti en une série de bits (unités d'information). Pour cela, il est d'abord échantillonné, c'est-à-dire "découpé" en une série de tranches fines à intervalles de temps réguliers, puis la valeur de chacune de ces tranches, possédant une tension électrique propre, est mesurée et enfin traduite en "paquets" de bits, 8 en général, constitués de valeurs 0 et 1. Il faut alors transmettre ces paquets de bits successifs sur la ligne téléphonique, dans un ordre précis, encadrés de bits de contrôle permettant de maintenir l'ordre de la transmission. Au total, on obtient ainsi le signal numérique, constitué de paquets de 10 bits (8 pour l'information à transmettre et 2 pour son contrôle). Cela signifie que le temps nécessaire à la transmission d'un échantillon de signal analogique numérisé sera égal à dix fois le temps de transmission d'un bit.

Dans notre cas, le débit maximum admissible par une ligne téléphonique commutée étant de 4 800 bits/seconde, elle ne sera en mesure de transmettre que 480 échantillons/seconde (4 800 divisé par 10). Or il existe une loi physique relative au découpage du

signal analogique disant que la fréquence maximale transmissible ne peut être supérieure à la fréquence d'échantillonnage divisée par un facteur 2,3, ce qui revient à dire que la ligne ne pourra transmettre qu'une fréquence inférieure à 209 Hz (480 divisé par 2,3). Or cette valeur est très inférieure à celle fixée comme limite supérieure initiale de la bande passante téléphonique (3 000 Hz).

Il est donc impossible de transmettre directement la parole numérisée, cette opération demandant la transmission d'environ 8 000 échantillons par seconde (soit 64 000 bits par seconde au moins sans transmettre de bits de contrôle), ce qui correspondrait à une bande passante de 64 kHz !

Il existe cependant un remède, c'est de compresser le signal, c'est-à-dire de ne transmettre que des données indispensables à sa restitution chez le correspondant. C'est ce qu'a réalisé une firme, la SAGEM, avec le combiné DCS 500 équipé d'un dispositif électronique de compression de données, le vocodeur. Il s'agit d'une puce dont le principe de base est né d'une simple constatation : la parole résulte de vibrations de l'air, engendrées par les cordes vocales, puis modifiées lors de leur passage dans le conduit vocal. Ce qui se résume à une source de vibrations couplée à une cavité résonnante à "géométrie variable" venant modifier les harmoniques de la vibration d'origine. Sur cette base, des mathématiciens ont mis au point un modèle mathématique pour traduire cette réalité physique en équations.

Dans ce modèle, les cordes vocales génèrent soit un signal sinusoïdal pur, son correspondant à peu près à celui de la lettre "O", soit ce qu'on appelle un "bruit blanc" concernant tous les "CH", "S", etc. A partir d'échantillons recueillis, ici effectivement 8 000 fois par seconde, le vocodeur calcule toutes les 22,5 millisecondes les caractéristiques du son, amplitude et répartition harmonique du bruit blanc, amplitude et fréquence du signal sinusoïdal pur. Ce sont ces paramètres qui seront transmis au réseau. L'objectif est ainsi atteint : la quantité d'informations à transmettre se trouve divisée par un facteur 20 et peut donc être numérisée puis transmise malgré le faible débit de la ligne.

A la réception, une série de générateurs et de filtres seront commandés par les instructions transmises et permettront donc la restitution du son d'origine.

Reste à coder le signal numérique à transmettre, afin d'assurer la confidentialité de la communication. Le numérique, nous l'avons vu, est particulièrement bien adapté à cette opération. Il suffit, en effet, par exemple de modifier la position des bits dans un échantillon transmis pour que celui-ci n'ait déjà plus rien à voir, à la réception, avec celui d'origine. En manipulant ainsi les groupes de bits, il est possible de brouiller complètement la transmission. Si, ensuite, à la réception, on sait rétablir l'ordre initial, on retrouvera le signal d'origine. La confidentialité du codage sera fonction des opérations effectuées sur les groupes de bits transmis. Il est évident que si ces derniers sont toujours décalés de la même manière, il sera relativement facile de découvrir le code. Inversement, en modifiant souvent ce code, on augmentera le niveau de sécurité.

En fait, au lieu d'opérer de simples décalages, il est beaucoup plus efficace de considérer chaque échantillon numérique comme un nombre autonome et de lui faire subir un traitement purement mathématique. Par exemple, on peut le décomposer en facteurs premiers, appliquer à chacun de ces facteurs une opération simple (addition, soustraction ou multiplication) et, à partir de là, obtenir un nouveau nombre. Le cryptage des codes confidentiels sur les cartes à puces tourne autour d'un procédé similaire et ces dernières sont donc spécialement bien adaptées à ce type d'opération. C'est pour cette raison que la SAGEM a équipé le DCS 500 d'un lecteur de carte à puce.

*Un véritable dialogue de reconnaissance s'instaure entre les deux appareils.*

C'est cette dernière qui contient l'ensemble des algorithmes de codage. Un code d'accès confidentiel permet de valider leur utilisation tant en émission qu'en réception. Une conversation ne sera donc intelligible que si les mêmes algorithmes sont utilisés pour le codage et le décodage. Ici, la souplesse de la carte à puce permet de protéger la communication, le nombre de combinaisons possibles étant quasiment infini et, surtout, la probabilité de retrouver empiriquement l'un des algorithmes validés par un code confidentiel étant pratiquement nulle. Lors de l'établissement de la communication, un dialogue s'instaure entre les deux appareils. Un échange de données codées permet aux deux interlocuteurs de se "reconnaître". Ce sont les cartes à puce qui contrôleront d'elles-mêmes que leurs algorithmes de cryptage sont bien identiques.

Enfin, la carte à puce n'est pas l'unique moyen d'accéder au codage d'une communication. En effet, afin d'augmenter encore le degré de confidentialité, ou éventuellement pour remettre à jour rapidement un codage, il est également possible de télécharger un algorithme dans l'appareil. Cet algorithme est transmis par la ligne téléphonique, sous forme informatique, puis mémorisé par l'appareil. Ici encore, un code clé d'accès est nécessaire pour son utilisation.

Précisons tout de même, pour terminer, que le DCS 500, ne serait-ce que par son prix (de 30 000 à 40 000 francs), n'est pas destiné au grand public. Cet appareil a d'abord été conçu pour les militaires. Mais il peut aujourd'hui être utilisé par un dirigeant d'entreprise soucieux de préserver des secrets de fabrication ou financiers.

**Henri-Pierre Penel**

# LA VIDÉO FAIT SON CINEMA

*La haute définition est en train de modifier les rapports cinéma-télévision. Concurrentes à l'origine, ces technologies sont déjà complémentaires, en attendant de devenir solidaires.*

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Dès 1995, date prévue pour ses débuts, la télévision à haute définition (TVHD) aura un besoin considérable de programmes spécifiques. D'emblée, certes, elle disposera d'un fond cinématographique important avec les films en formats larges comme le Cinémascope ou la Vistavision, puisqu'elle a elle-même été conçue pour un écran large au rapport 16/9 (la commercialisation des premiers téléviseurs 16/9 vient même de commencer). Ces films, sur support argentique, conviennent parfaitement car ils possèdent une résolution de 4 à 6 fois supérieure à celle de la TVHD. Quant au transfert du film vers la télévision, il se fera au moyen d'appareils de télécinéma à haute définition dont il existe déjà quelques modèles (Sony et Kodak notamment).

Mais la TVHD recherchera surtout des programmes adaptés, tournés en vidéo haute définition. Paradoxalement, le cinéma fera lui aussi de plus en plus appel à la vidéo haute définition, car elle sera souvent plus économique et plus pratique que le film argentique. C'est en particulier le cas pour les effets spéciaux : en cinéma conventionnel, ils exigent le tirage de contretypes multiples pour traiter ou mélanger des images (réalisation de surimpressions, trucages par confection de caches pour isoler tel sujet que l'on reporte ensuite sur une autre image...).

En vidéo, les techniciens opèrent les surimpressions, inversions de couleurs, titrages et autres effets spéciaux sur ordinateur, contrôlant et modifiant les résultats sur l'écran. La qualité de l'image n'en souffre nullement car le traitement est numérique, autorisant de multiples copies sans altération. L'existence d'incrustateurs électroniques permet de superposer ou de masquer automatiquement des éléments d'images. C'est immédiat et il n'y a aucune phase de développement et de tirage en laboratoire. Le gain d'argent et de temps est important. Le recours à l'ordinateur est encore indispensable chaque fois que le cinéma conventionnel utilise des images de synthèse. Et il n'est pas rare aujourd'hui d'intégrer des scènes filmées classiquement à des décors créés par ordinateur.

Reste, dans tous ces cas, à transférer l'image, cette fois, de la vidéo (ou de l'ordinateur) sur la pellicule. Des équipements existent depuis longtemps pour la vidéo classique ou pour les images de synthèse. En vidéo haute définition, bien des problèmes restent à résoudre, surtout pour parvenir à des systèmes normalisés, donc utilisables par tous. Mais, tout d'abord, il faut rappeler que, malgré les progrès accomplis, la vidéo n'est pas totalement fiable en ce qui concerne la conservation de l'image. Il existe des risques d'altération, au moins accidentelle, l'enregistrement magnétique étant effaçable. Ce risque est aujourd'hui moindre pour les copies argentiques qui, conservées dans des conditions déterminées, peuvent résister plus d'une centaine d'années (les fabricants annoncent même plusieurs siècles).

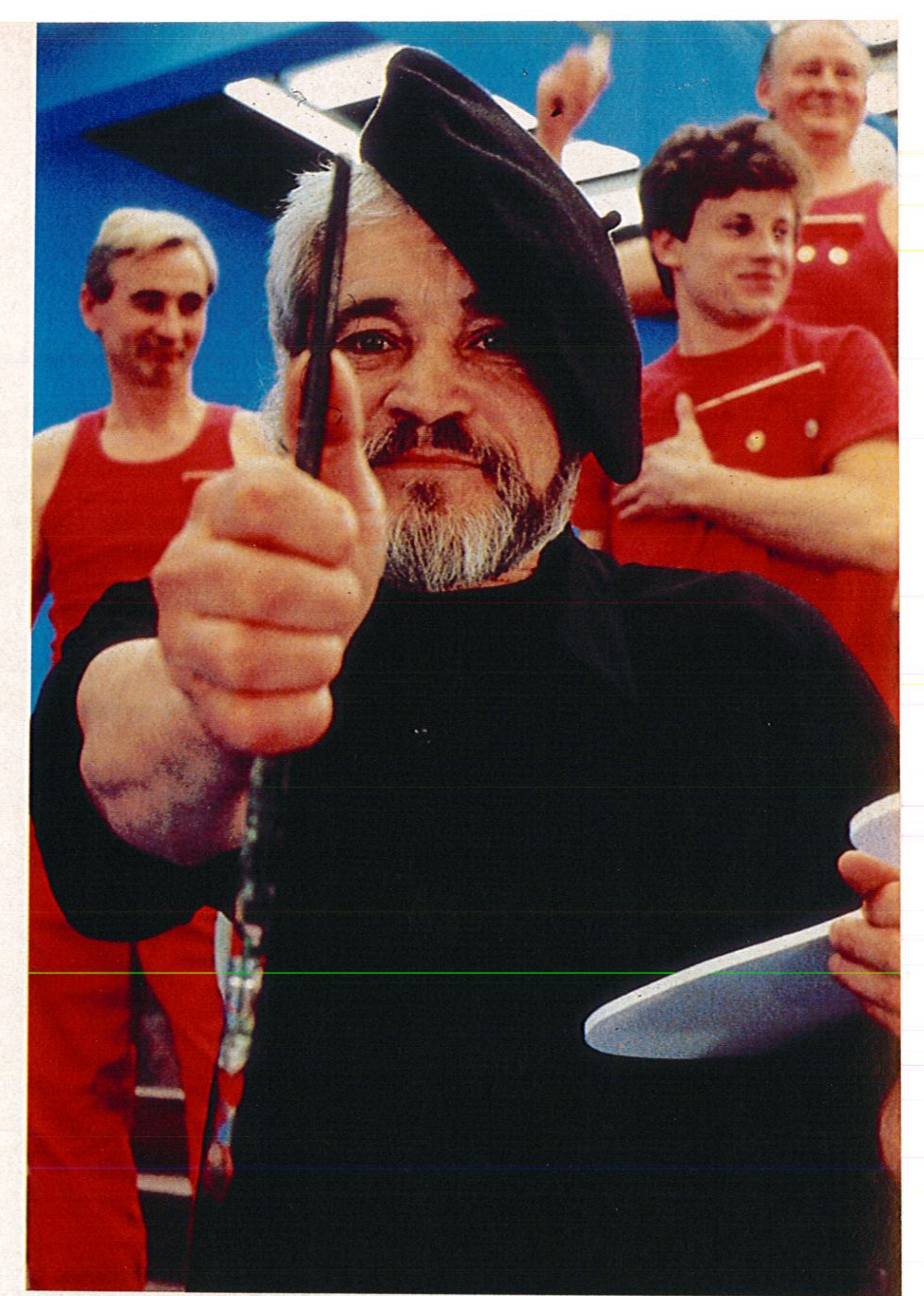
Autre inconvénient grave de la vidéo : il n'existe pas de norme unique internationale, non seulement pour la transmission des programmes, mais aussi en numérique pour traiter et stocker les signaux. Cela ne facilite évidemment pas l'utilisation des images d'un système de codage à l'autre, surtout dans le temps : comment pourra-t-on en effet exploiter dans quelques années des enregistrements faits aujourd'hui ? Seul, pour l'instant, le film élimine cet inconvénient puisqu'il sera toujours transférable sur bande ou sur disque, quels que soient les standards futurs.

Si le film offre ainsi un avantage, autant comme mémoire durable (archivage en cinémathèque) que comme mémoire intermédiaire (le temps d'enregistrer les images et le son, de les traiter par voie numérique et de les insérer dans un montage audiovisuel), l'insuffisance des systèmes de transfert

vidéo/film n'a pas beaucoup permis jusqu'ici d'exploiter ses possibilités. Il y a là un véritable goulet d'étranglement technologique, alors que le film argentique et la vidéo ont de plus en plus besoin l'un de l'autre, cette contrainte devenant particulièrement gênante avec la TVHD. La télévision, en effet, n'a qu'une définition théorique de 500 000 points/image (SECAM ou PAL) ou de 2 millions de points (TVHD), alors que le film sépare de 8 à 25 millions de points (selon le format et le type d'émulsion).

Par exemple, cette différence rend difficile l'incorporation d'un plan vidéo dans un film conventionnel : le changement qualitatif reste trop perceptible. De même, la projection de programmes de TVHD en salles publiques, envisagée pour l'avenir, ne supporte pas la comparaison avec le cinéma conventionnel.

Dès lors, s'il est indéniable que la vidéo et le film argentique sont actuellement complémentaires (et le resteront longtemps), encore faut-il, avec l'avènement de la TVHD, que le pont permettant de passer de l'un à l'autre (le transfert) assure une qualité au moins égale à celle du film, pour permettre la projection du programme dans les mêmes salles sans que le spectateur fasse la différence ou pour permettre son intégration dans un film au moment du montage.



**Tourné en haute définition, recopié en 35 mm**, *l'Orchestre*, de Zbigniew Rybczuynski, n'a subi aucune dégradation de qualité lors de son transfert.

Paradoxalement, ce sont les fabricants d'émulsions photo et cinéma, dont les préoccupations étaient *a priori* très éloignées de la vidéo et de la télévision, qui se sont intéressés d'emblée aux machines de transfert de haute définition. Les industries électroniques n'ont fait que suivre les besoins de la vidéo et encore ne l'ont-elles fait que relativement récemment, avec les développements de la TVHD et du vidéodisque. Aux Etats-Unis, c'est l'Eastman Kodak Company qui, la première, a cherché à harmoniser les capacités du film et des diverses technologies vidéo et informatiques et ce, dès 1980. A cette époque, le numéro 1 mondial de la photo a orienté sa stratégie vers l'image à haute définition en prenant pour référence l'image argentique. Cela a abouti, notamment, à la réalisation, dès 1988, d'un analyseur d'image à transfert de charge de 4 millions de pixels, le DTC.

L'an dernier, Kodak présentait également un appareil de télécinéma utilisable dans tous les systè-

mes actuels de TVHD, donc pour les balayages du 1250 lignes européen, du 1125 lignes japonais et des systèmes expérimentaux américains à 1050 lignes. En même temps, était présenté un matériel de post-production numérique à haute résolution pour le cinéma (voir *Science & Vie* n° 874, de juillet 1990). Ce système n'est autre qu'une interface entre le film argentique et l'image électronique dont la définition est alignée sur le pouvoir de résolution d'un nouveau film cinéma couleur ultra-fin, l'Eastman EXR 5245. Ce système de post-production procure une définition de 2880 lignes avec 3840 points chacune, soit plus de 11 millions de points. Pour y parvenir il fait appel :

- à l'analyseur DTC, cité plus haut, de 4 millions de points (un tel analyseur utilisé pour chacune des trois images de la trichromie — rouge, vert et bleu — assure une.résolution théorique de 12 millions de points) ;
- une station de traitement numérique des images ;
- un enregistreur des données numériques ;
- un enregistreur sur film argentique des images haute résolution obtenues : c'est le système de transfert. Il fait appel au laser. Le signal vidéo est exploité sous ses composantes de base, les images rouge, verte et bleue. Celles-ci sont explorées par trois faisceaux lasers infrarouges impressionnant directement la pellicule. Pour restituer la couleur, le film est exposé couche par couche en modulant l'intensité des faisceaux.

Tandis que Kodak proposait ainsi une machine faisant appel à 3 faisceaux laser, Sony, au Japon, utilisait une autre technique, fondée sur la modulation d'un faisceau électronique balayant successivement les images du rouge, du vert et du bleu. Ainsi est née l'EBR (Electronic Beam Recorder) Sony, machine de transfert des images de vidéo haute définition sur film 35 mm, utilisant une résolution de 2250 lignes (soit deux fois le standard japonais de TVHD de 1125 lignes). Le système EBR est opérationnel et équipe actuellement des studios à Tokyo et à Londres (Rank et Technicolor). Il est en cours d'installation à Hollywood. Le faisceau électronique qui analyse l'image vidéo et impressionne le film a un diamètre de 10 micromètres seulement. Les signaux vidéo proviennent de l'analyse des images noir et blanc (la luminance) de sélection du vert, du rouge et de bleu. Ils impressionnent successivement les trois couches d'un film en couleur (Fuji 71337) après filtrage. C'est-à-dire que le faisceau du rouge traverse un filtre rouge, ce qui lui permet de n'impressionner que la couche sensible au rouge. De même, le faisceau du vert et le faisceau du bleu traversent respectivement un filtre vert et un filtre bleu, chacun n'impressionnant alors que la couche correspondante du film.

Avant cette phase d'impression, le système Sony EBM permet de traiter numériquement chaque image (corrections et modifications des couleurs, effets spéciaux). Le système travaille à la fréquence de 1 image/seconde (temps du traitement et du transfert). Il faut donc opérer vue par vue et non à 24 images/seconde. Cette fréquence est comparable à celle du procédé Kodak.

Les techniques de transfert à haute définition auront des incidences dans d'autres domaines. Ainsi l'on parle déjà de réseaux de salles équipées de vidéo-projecteurs connectés à un réseau câblé de distribution. Dans une telle hypothèse toute copie sur film ou sur cassette serait inutile, et les coûts de fonctionnement des salles s'en trouveraient allégés. Enfin, dans le contexte d'une diffusion familiale, le matériel grand public profitera certainement de telles expériences. C'est d'ailleurs pour cette raison que tous les dispositifs de vidéo haute définition sont étudiés à partir de chiffres qui sont des multiples entiers (notamment pour le nombre de lignes) de ceux des formats grand public. Ainsi les futurs formats professionnels tels que le HD-MAC, par exemple, permettront d'obtenir en appartement des images d'excellente qualité. En effet, l'écran étant, dans ce cas, forcément moins grand que celui des salles commerciales, on peut diminuer la définition de l'image sans que cela soit trop gênant. Et, à partir d'algorithmes de compression de données, il sera donc possible d'enregistrer des films en haute définition sur des cassettes vidéo d'une taille et d'un coût comparables à ceux de nos actuelles cassettes VHS.

**Henri-Pierre Penel**

**Trucages en direct.** Depuis un pupitre, l'opérateur commande des effets spéciaux immédiatement visualisés mais qui demanderaient de nombreuses heures pour être réalisés sur pellicule.



# LES MÉTIERS DE L'ESPACE OBJECTIF : THUNES

*Si elle ne provoque pas encore d'embouteillages interstellaires, l'activité spatiale a déjà ses listes d'attente. Les recruteurs, eux, misent sur l'adaptabilité et l'ouverture d'esprit des candidats. La fin du règne des spécialistes.*

PAR HERVÉ LHUISSIER

Longtemps chasse gardée des militaires, l'espace a fini par s'ouvrir aux marchés civils. Mais ce secteur ne vole pas encore de ses propres ailes. Comme le confirme Claude Bresson, responsable des affaires sociales et de la formation au Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales (GIFAS) : « Rares sont les entreprises qui consacrent uniquement leurs activités à la production de matériel spatial. L'activité espace n'occupe en effet que 10 % des effectifs de nos adhérents. » Attention ! Cela ne veut pas dire que cette industrie ne se développe pas. Bien au contraire ! Même si le chiffre d'affaire global des trois secteurs d'activité de l'espace (***voir premier encadré p. 124***) ne représente pour l'instant que 10 % de celui de la construction aéronautique, il a tout de même doublé au cours des cinq dernières années. Un beau score qui confirme la vigueur de cette industrie.

Avec un budget global de 100 milliards de francs, trois programmes majeurs sont actuellement en cours : Ariane, Hermès et Colombus. Tributaire du programme Ariane, la navette Hermès n'a pas encore dépassé le stade du projet. Un projet toutefois bien réel puisqu'on sait déjà qu'il devrait coûter 26 milliards de francs et que le vol inaugural est prévu pour 1997. Moins complexe et moins cher à lancer que la navette américaine, le tandem Hermès/Ariane devrait aussi être plus commode d'emploi. Sa mission : servir de moyen de transport ravitailleur aux programmes spatiaux habités comme Colombus, le futur laboratoire spatial européen. La clé de voûte de cet ambitieux dispositif sera Ariane V, lanceur de cinquième génération, dont on annonce la sortie pour 1996.

Capable de mettre deux satellites de trois tonnes en orbite, ce lanceur devrait pouvoir répondre aux besoins du marché jusqu'aux années 2010. Dans l'immédiat, le récent essor des télécommunications



et de la télédiffusion a déjà apporté de solides contrats à Ariane : une cinquantaine de satellites européens en orbite entre 1990 et 1994 (Eosat, Spot Image...). Ce qui représente tout de même, pour cette période, la moitié du marché mondial, sans compter les besoins d'organisations internationales (Intelsat, Inmarsat...) et des pays extra-européens. Pour y répondre, Arianespace a donc passé commande de 50 lanceurs Ariane IV aux différents maîtres d'œuvre, soit un marché de 18 milliards de francs. Avec cette fabrication en série, l'objectif est aussi de réduire les coûts d'exploitation de 20 %, car, comme le disent volontiers les professionnels, « la bataille des dix prochaines années sera avant tout industrielle. » Cette volonté de compétitivité s'inscrit en effet dans une perspective de prochaine concurrence internationale

## LA RÉPARTITION PAR SECTEURS D'ACTIVITÉ [1]

**Les "cellules engins"** emploient la moitié de la main-d'œuvre de la profession. Dans cette catégorie entrent les engins tactiques et balistiques, les lanceurs spatiaux et les satellites. Mal-, gré la vigueur du marché, le chiffre de la main-d'œuvre est stable.
**Les propulseurs** forment le secteur qui emploie le plus faible effectif : 20 % (chiffre en légère progression). Cela ne l'empêche pas de conditionner les progrès de toute l'industrie aérospatiale. Les entreprises qui mettent au point des produits en assurent aussi la fabrication.
**Les équipements**, avec 30 % de la main-d'œuvre, rassemblent des domaines aussi divers que la mécanique hydraulique, pneumatique, la production de courant, la climatisation, l'avionique et, bien sûr, l'électronique. Ces équipements sont produits par plus de 200 sociétés dont une cinquantaine conçoivent et fabriquent des équipements complets.

(1) Chiffres fournis par le CIDJ (juin 1990).

## LA RECHERCHE AÉROSPATIALE

Jusqu'à présent très dispersée, la recherche aérospatiale a maintenant tendance à se concentrer pour des raisons de coûts : regroupement des phases théoriques, de calcul numérique et d'expérimentation. Une soufflerie (ETW) est, par exemple, en cours de réalisation à Cologne (Allemagne) avec la contribution d'organismes européens comme à l'ONERA (Office national d'études et de recherches aéronautiques). Parallèlement, les grandes stations d'essais ne sont pas utilisées à des fins analytiques. Cette tâche est dévolue à de petites stations spécialisées dans le domaine concerné.

(URSS, Chine, Japon...). Appelée à s'intensifier, celle-ci ne devrait pas en effet se limiter au seul marché des mises en orbite mais s'appliquer aussi à la technologie d'amont : à terme il n'y aura plus qu'un seul type de système de lancement (très certainement horizontal)...

En attendant l'adoption avec les Américains de standards identiques — il en est aussi question en matière de télédétection —, les Européens espèrent bien intéresser le secteur industriel. Comment ? En mettant l'apesanteur à sa portée ! Les projets d'applications ne manquent pas et concernent les domaines les plus divers : produits pharmaceutiques, alliages, semi-conducteurs... Toutefois, l'exploitation directe de ces marchés présents ou futurs, concerne un nombre relativement restreint d'entreprises. Plus souvent bureaux d'étude qu'unités de production, ces firmes ont recours à de nombreuses entreprises sous-traitantes mais s'efforcent de conserver les tâches à forte valeur ajoutée (essentiellement recherche et développement).

Sous-traitantes ou non, les entreprises du secteur aéronautique et spatial font largement appel aux technologies de pointe : électronique numérique ou appliquée à l'optique, automatismes, maintenance industrielle... Elles utilisent aussi une grande quantité de matériaux nouveaux : super-alliages, produits de cristallisation, céramiques hautes performances, polymères et verres techniques, adhésifs spéciaux et surtout fibres composites comme les carbone-époxy. Empruntés à d'autres secteurs que l'aéronautique, technologies et matériaux nouveaux sont le produit de recherches menées par des spécialistes d'horizons très divers. Mais, plus encore que leur mise au point, ce sont les applications de ces nouvelles solutions qui intéressent l'industrie de l'espace. Conduites le plus souvent par un généraliste capable de choisir entre plusieurs "familles" de produits, ces applications doivent répondre à des exigences techniques de plus en plus rigoureuses ; principalement en matière de résistance aux hautes températures et de variations thermiques : de −100° C à +1 600° C. Une fois "redescendus sur terre", matériaux et technologies ont en général un avenir assuré dans le secteur aéronautique et spatial, mais aussi dans toute l'industrie. Une vie nouvelle commence pour eux, auprès d'entreprises qui les attendent avec impatience (*voir encadré ci-dessous*).

A l'évidence, la maîtrise et la combinaison de technologies aussi diverses supposent une parfaite complémentarité des compétences. Cette logique s'exprime ainsi à travers les critères de recrutement : à compétences égales, l'aptitude à travailler en équipe, l'ouverture d'esprit et surtout, l'adaptabilité sont des atouts qui font pencher la balance en votre faveur. Gage d'adaptation à des contextes scientifiques en perpétuelle évolution, cette dernière prendrait même le pas parfois sur la connaissance pure. Par adaptabilité, entendez aussi intérêt pour les langues étrangères (au moins l'anglais) et mobilité professionnelle. Impossi-

## L'IMPORTANCE DES RETOMBÉES TECHNOLOGIQUES

Des lames de rasoir en alliage de titane à l'informatique grand public, en passant par les freins en carbone du TGV, on ne compte plus les retombées technologiques de la conquête de l'espace. Sans cette industrie, ces innovations seraient hors de portée des PME et PMI qui ne peuvent financer leur propre service de recherche. Afin de leur faire réaliser des économies supplémentaires, le CNES (Centre national d'études spatiales) a créé Novespace: une entreprise spécialisée dans l'exploitation de ces retombées. En pratiquant des tarifs défiant toute concurrence, on peut prédire qu'elle ne sera sûrement pas à court de clients dans les années à venir !

ble de rester les deux pieds dans le même sabot lorsqu'on rejoint une industrie où 60 % du chiffre d'affaire sont liés à des contrats internationaux. Question de compétitivité, la coopération européenne est considérée comme vitale par les principaux maîtres d'œuvre d'Ariane (Aeritalia, British Aerospace ainsi que Mercedes Benz et Erno). Mais les spécialistes estiment aussi que la concurrence internationale pourrait bientôt s'effacer au profit d'une coopération mondiale sur certains projets comme l'ATSF (Avion de transport supersonique du futur), une sorte de super Concorde qui devrait entrer en service au début du XXI[e] siècle.

Bien sûr, les hyper-spécialistes seront toujours demandés ; en particulier dans la recherche. Mais il n'empêche qu'une spécialisation trop rapide après le bac (H ou Fl, 2, 3, 5, 6, 10) est à éviter. Selon bon nombre de chefs d'entreprises, celle-ci s'accomplit parfaitement au sein de l'entreprise par le biais de la formation continue. Avec un budget représentant de 3 à 4 % de la masse salariale, cette dernière est en effet très active et s'applique à tous les domaines porteurs : électronique, nouveaux matériaux, informatique, automatismes, gestion de la qualité...

Employant massivement la CAO (conception assistée par ordinateur) et la CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur), la construction aéronautique et spatiale ouvre grand ses portes aux électroniciens de niveau BTS ou DUT. Plus généralement, les techniciens exercent leurs fonctions aux côtés des ingénieurs et interviennent à tous les niveaux : laboratoires de recherche, bureaux de méthode et de préparation du travail et, bien sûr, fabrication. Ils doivent avoir le goût des responsabilités, une certaine ouverture d'esprit et de solides connaissances. Connaissances venant d'horizons divers : mécanique, micromécanique, physique, chimie, électronique, électrotechnique... Avec 35 % des effectifs, c'est le niveau de qualification le plus largement représenté dans cette industrie. Ils devancent à la fois les opérateurs qualifiés et les cadres. Selon Claude Bresson, leur nombre augmentera probablement dans les prochaines années, au point d'atteindre 70 % environ si on leur ajoute les effectifs des opérateurs qualifiés accédant au poste de technicien (***voir encadré ci-dessous***).

A noter que salariés et demandeurs d'emploi peuvent également obtenir un BTS ou un DUT grâce à la formation continue. La durée de la préparation nécessaire à l'obtention du diplôme variera de un à quatre ans selon le niveau d'étude initial du candidat.

La proportion des ingénieurs et cadres commerciaux employée par ce secteur constitue actuellement un record : 21 % des effectifs ! Certaines entreprises comptant déjà jusqu'à 80 % de cadres, cette proportion pourraient même atteindre 25 %. Dans pareil cas, il va sans dire que la dénomination "cadre" dési-

(suite du texte page 161)

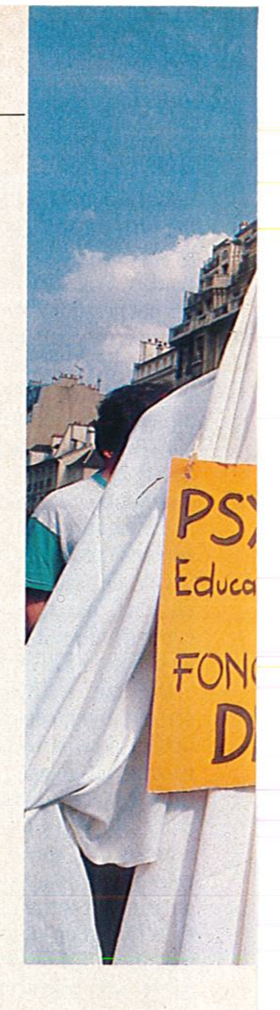
## LES BONNES ADRESSES

- Le Groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales édite un annuaire de ses adhérents. C'est une mine d'informations pour ceux qui désirent prospecter ce secteur. GIFAS, 4 rue Galilée, 75782 Paris cedex 16, tél. (1) 47 23 55 56.
- L'Office national d'études et de recherches est un établissement public industriel et commercial à vocation scientifique et technique. Son rôle est d'effectuer la recherche de base, ainsi que la recherche appliquée et les essais, en relation avec les organismes équivalents des autres pays européens. ONERA, 29 av. de la Division-Leclerc, BP 72, 92322 Châtillon cedex, tél. (1) 46 57 11 60.
- L'Aérospatiale participe à la plupart des grands programmes scientifiques (Exosat, Iso), d'applications météorologiques (Météosat), d'observation (Spot), de télécommunication (Arabsat, Télécom, Intelsat V), de télévision directe (TDF, TV-Sat, etc.). Elle est aussi chargée de la maîtrise d'œuvre industrielle d'Hermès. 37 bd de Montmorency, 75781 Paris cedex, tél. (16) 42 24 24 24.
- La Société européenne de propulsion est une filiale de la SNECMA. C'est aussi le principal motoriste d'Ariane (moteurs cryogéniques fonctionnant à l'hydrogène et à l'oxygène liquides). Il réalise différents types de moteurs de missiles. SEP, 24 rue Salomon-de-Rothschild, 92150 Suresnes, tél. (1) 47 28 65 00.
- Dassault International a la maîtrise d'œuvre déléguée pour l'aéronautique de la navette Hermès. Cela complète les activités d'Electronique Serge Dassault, chargée plus spécialement de mettre au point des systèmes de guidage et divers automatismes. Dassault International, 27, rue du Pr Victor-Pauchet, 92420 Vaucresson, tél. (1) 47 41 79 21. Electronique Serge Dassault, 55 quai Marcel-Dassault, BP 301, 92214 St-Cloud, tél. (1) 49 11 80 00.
- Conservatoire national des arts et métiers, 292 rue St-Martin, 75003 Paris, tél. (1) 40 27 20 00.

## LES OPÉRATEURS QUALIFIÉS

Ils viennent pour la plupart des industries mécanique (ajusteur, tourneur, fraiseur, chaudronnier...), électrique, électronique ou chimique. Ils peuvent aussi avoir reçu une formation spécialisée en aéronautique (CAP ou BEP) : ajusteur monteur, mécanicien de cellules... Des écoles techniques privées (SNECMA, RN 7, BP 81, 91003 Evry Cedex, tél. (1) 69 87 92 60), des lycées professionnels (Institut aéronautique Amaury de La Grange, chateau de La Motte-au-bois, 59190 Hazebrouck, tél. (16) 28 48 61 37) préparent à ces diplômes. Grâce à la promotion interne, les opérateurs qualifiés peuvent également devenir techniciens, qu'ils soient titulaires ou non d'un bac professionnel.

# QUI SONT LES PSYCHOLOGUES SCOLAIRES ?




*Pour le ministère de l'Education nationale, ce sont des instituteurs spécialisés. Mais les principaux intéressés n'en démordent pas : ils se considèrent avant tout comme des psychologues à part entière, travaillant en milieu scolaire. La nuance a son importance.*

PAR ISABELLE BOURDIAL

« Ce n'est jamais bon signe que l'on accole un adjectif à une profession » écrivait Gérard Poussin, directeur du département de psychologie de l'université de Grenoble, il y a un an ([1]). De fait, les psychologues scolaires revendiquent depuis longtemps une formation initiale et un statut identiques à ceux de l'ensemble de la profession. En vain.

En quoi consiste leur fonction ? Ils sont appelés à se prononcer sur l'orientation d'enfants en échec scolaire. Mais leur mission ne s'arrête pas là. Ils agissent pour la prévention des difficultés scolaires, prennent part à l'élaboration du projet pédagogique de l'école et à sa réalisation, participent à la mise en place et à l'évaluation des mesures d'aide individuelles ou collectives aux élèves en difficulté, favorisent l'intégration des handicapés (***encadré ci-contre***).

Si leurs fonctions sont clairement définies, il n'en va pas de même pour leur statut. Les psychologues scolaires se plaignent amèrement de n'avoir jamais été considérés autrement que comme des instituteurs spécialisés, en aucun cas comme des psychologues. La plupart complètent leurs connaissances en préparant des diplômes universitaires de psychologie générale de niveau supérieur à ceux exigés. Depuis 1963 et jusqu'en 1985, les candidats, sélectionnés exclusivement parmi les instituteurs, étaient formés pendant deux ans dans un institut de psychologie et prépa-

## QUEL EST LEUR RÔLE

**Les actions en faveur des enfants en difficulté** comportent l'examen, l'observation et le suivi psychologiques des élèves en relation avec les maîtres et les familles. Elles visent à fournir des éléments d'information résultant de l'analyse des difficultés de l'enfant, à proposer des formes d'aide adaptées, à favoriser leur mise en œuvre. Mais si les difficultés de l'enfant sont d'origine familiale, le psychologue scolaire ne pourra pas agir directement sur leurs causes.

**Les examens cliniques et psychométriques** sont effectués à l'école par le psychologue scolaire à la demande des maîtres, des intervenants spécialisés ou des familles (aucun examen individuel ne peut être entrepris sans leur accord). Leurs résultats sont examinés lorsqu'une action éducative et pédagogique particulière, une aide ou une orientation spécialisées sont envisagées.

**Le suivi psychologique** consiste à organiser des entretiens avec les enfants concernés, pour favoriser l'émergence et la réalisation du désir d'apprendre et de réussir. Le psychologue scolaire rencontre aussi périodiquement les enseignants et les parents afin de rechercher conjointement l'ajustement des conduites et des comportements




raient en parallèle un DEUG de psychologie (niveau bac + 2). Nantis du diplôme de psychologue scolaire, ils pouvaient alors exercer. Beaucoup poursuivaient leurs études à l'université, parfois même jusqu'au niveau du DESS (trois ans après le DEUG).

La loi du 25 juillet 1985 réglementa la profession de psychologue, dans un souci apparent d'unification, face à la diversité de ses secteurs d'intervention. Elle limita l'usage professionnel du titre de psychologue (qu'il soit ou non scolaire) aux titulaires d'un diplôme sanctionnant une formation universitaire fondamentale et appliquée de haut niveau en psychologie, préparant à la vie professionnelle et figurant sur une liste fixée au Conseil d'Etat. Les décrets d'application mirent cinq années à paraître. Le premier décret, du 22 mars 1990 ([2]), publia cette fameuse liste comprenant : le DEA et le DESS en psychologie — deux diplômes de troisième cycle, c'est-à-dire de niveau égal ou supérieur à bac + 5 —, les diplômes de psychologue délivrés par le Conservatoire national des arts et métiers et l'Ecole des psychologues praticiens de l'Institut catholique de Paris (reconnus tous deux équivalents au DESS) ainsi que le diplôme d'Etat de psychologie scolaire (DEPS) créé par décret le 18 septembre 1989 ([3]). Le DEPS se prépare en un an, après la licence dans les Instituts de formation des maîtres, et représente quatre ans d'études après le bac, ce qui le place au niveau d'un diplôme de

éducatifs. Quand une prise en charge spécifique parait souhaitable, le psychologue scolaire conseille aux familles la consultation d'un service ou d'un spécialiste extérieurs à l'école. Il peut être appelé à participer aux travaux de différentes commissions et réunions étudiant des cas et des situations d'élèves. Il peut également prendre part à des activités d'études, de recherche et de formation ainsi qu'à la mise en œuvre des projets pédagogiques de l'établissement scolaire ([1]).

Jusqu'à présent, les psychologues scolaires étaient intégrés dans des Groupes d'aide psychopédagogiques (GAPP) affectés à un groupe scolaire de 800 à 1 000 enfants. Ils y travaillaient avec deux rééducateurs, en psychomotricité et en psychopédagogie, et en relation avec un ou plusieurs instituteurs d'adaptation. A la rentrée 1991, ces GAPP deviendront des réseaux d'aide spécialisée aux enfants en difficulté. Ces réseaux, plus mobiles, auront une affectation beaucoup plus large. Le nombre d'enfants ne sera pas limité par secteur d'intervention. Dans le Val-de-Marne, on prévoit en moyenne 2 000 enfants par psychologue scolaire.

(1) Pour mieux comprendre le rôle du psychologue et ses rapports avec l'institution scolaire, se reporter au livre de E. Bosetti, M.C. Brossais, S. Goulfier, A. Thiriet : *Votre enfant et le psychologue scolaire*, Ed. Dunod 1986.

deuxième cycle. S'ils souhaitent exercer en milieu scolaire, même les titulaires d'un DESS ou d'un DEA en psychologie devront passer le DEPS (de niveau inférieur). A Paris, un quart des étudiants de la première promotion du DEPS est d'ailleurs dans ce cas. Ce diplôme est perçu par le Syndicat des psychologues de l'éducation nationale (SPEN) comme un diplôme dérogatoire à l'usage exclusif du ministère de l'Education nationale, qui délivre des diplômes universitaires de troisième cycle en psychologie pour tous les psychologues, sauf pour les siens. En se définissant comme une spécialisation du métier d'instituteur, le DEPS introduit une discrimination entre professionnels faisant usage d'un même titre. Un avant-projet de décret prévoyait un contrôle périodique de conformité des diplômes par l'enseignement supérieur ; curieusement, le présent décret n'en fait plus mention.

Pourquoi cette distinction entre les psychologues scolaires et les autres ? Les premiers revendiquent haut et fort leur appartenance au corps des psychologues, alors qu'ils restent rattachés à celui des instituteurs. Il leur faut toujours passer avec succès les mêmes épreuves du concours de recrutement, suivre la même formation et enseigner pendant au moins trois ans avant de pouvoir suivre les chemins de leur vocation. Lorsqu'enfin ils exercent, leur fonction s'apparente complètement à la psychologie.

Même si l'école n'est pas un laboratoire, ils entreprennent des recherches comme les autres praticiens. En étudiant sur le terrain les rythmes de l'enfant, les problèmes liés à l'apprentissage, et à l'acquisition des langages fondamentaux, ils estiment rester en contact avec les progrès de leur discipline. Ils réclament un enseignement théorique de la psychothérapie et une formation en psychopathologie semblables à ceux que reçoivent les cliniciens. Car il leur faut distinguer ce qui est propre à la scolarité du symptôme de troubles plus profonds. Plus de la moitié des enfants qui consultent en psychiatrie le font sur la base d'échecs scolaires. De ce fait, le psychologue s'avère le mieux placé pour préparer l'enfant et sa famille à une thérapie.

Nouvel émoi dans la profession : un projet d'arrêté en instance de publication prévoit qu'en application de l'article 1er du décret du 22 mars 1990, seraient autorisés à faire usage du titre de psychologue :

— les instituteurs ou professeurs des écoles nommés dans les fonctions de psychologue scolaire ;

— les directeurs de centre d'information et d'orientation, et les conseillers d'orientation psychologues.

Les titulaires du diplôme de psychologie scolaire actuellement employés à d'autres fonctions — qui travaillent dans les classes, devant le tableau noir —, ne bénéficieraient donc pas du titre ([4]). Inversement, rien n'empêche des "faisant-fonction", par exemple des instituteurs spécialisés titulaires d'un CAPSAIS (certificat d'aptitude pédagogique spécialisé à l'adaptation et l'intégration scolaire), non titulaires d'un diplôme en psychologie, de porter le titre si, au moment de la promulgation de l'arrêté, ils sont nommés par les inspecteurs d'Académie pour exercer la fonction de psychologue.

Mais il y a mieux. Alors que l'on rechigne à reconnaître les psychologues scolaires, on accorde le statut à d'autres qui n'avaient rien demandé dans leur majorité. Car le futur décret concerne directement un autre corps de métier : celui des conseillers d'orientation. Actuellement, les psychologues scolaires n'exercent que dans les écoles maternelles et primaires. Dans le secondaire, leurs postes ont été progressive-

## CHRONIQUE D'UNE JOURNÉE ORDINAIRE

8 h 30. La Courneuve, banlieue nord de Paris. Dans la cour de récréation du groupe scolaire Paul Eluard-Romain Rolland, huit cents élèves de maternelle et du primaire s'apprêtent à rejoindre leurs classes. Au même moment, Elisabeth Bosetti ouvre la porte de son bureau, au deuxième étage du bâtiment. Les horaires d'une psychologue scolaire s'alignent quasiment sur ceux de l'école. C'est bientôt l'heure des premiers rendez-vous de la matinée avec les parents d'élèves.

« A La Courneuve, la demande qui émane d'un groupe scolaire comme celui-ci, est très forte. L'emploi du temps de tous les membres de notre Groupe d'aide psychopédagogique (GAPP) est plein à craquer. Et nous ne nous occupons pour l'instant que d'un seul établissement. » Derrière le GAPP de La Courneuve, se profile une équipe de trois femmes : une rééducatrice en psychopédagogie, une rééducatrice en psychomotricité — auxquelles se joignent deux institutrices d'adaptation — et Elisabeth Bosetti, la psychologue scolaire. Ici, nous sommes en pleine ZEP dans un DSQ — "dans une zone d'éducation prioritaire, au cœur d'un quartier socialement défavorisé".

« Tu me prends ? » Souvent c'est en ces termes que la psychologue est abordée par les enfants eux-mêmes, ceux qui ressentent et expriment un fort besoin affectif, ceux qui se trouvent en difficulté scolaire, ou ceux qui se débattent entre les deux. Il arrive exceptionnellement que les familles elles-mêmes se manifestent, alertées par un changement de comportement de l'enfant ou une baisse soudaine de ses résultats scolaires. La plupart du temps, elle est contactée directement par un enseignant qui lui demande de rencontrer un de ses élèves : « Nous nous mettons alors en relation avec la famille. Rien n'est entrepris sans son accord. »

10 h 30. Réunion du GAPP avec la directrice et une institutrice de petite section de maternelle. En début d'année, chaque instituteur peut, s'il le souhaite, rencontrer l'équipe spécialisée. Ici, des réunions de synthèse ont lieu systématiquement pour toutes les classes. Aujourd'hui, la réunion a été demandée par l'institutrice, qui souhaite aborder le cas d'un petit garçon souffrant d'un retard dans l'acquisition du langage. Simple faiblesse articulatoire, requérant un soutien orthophonique ou reflet d'un trouble plus profond ? Ayant observé le comportement de la classe quelques jours auparavant, Elisabeth

ment supprimés. Une nouvelle espèce de psychologues va investir ce terrain, qu'elle n'a en fait jamais quitté. Plusieurs notes de service du Bulletin officiel anticipent largement sur ce projet de décret. La plus récente (8 janvier 1991) attribue aux conseillers d'orientation l'épithète "psychologue" et change les modalités de leur concours de recrutement. Les candidats doivent désormais justifier de la licence de psychologie (au lieu d'un DEUG dans n'importe quelle discipline, comme précédemment) et avoir suivi une formation complémentaire de 2 ans. Auparavant, la moitié d'entre eux choisissait de suivre une formation en psychologie avant de se présenter au concours. Les conseillers d'orientation déjà en poste seraient également assimilés à des psychologues. Selon le SGEN-CFDT, un arrêté en projet prévoirait même d'autoriser les conseillers à faire usage du titre de psychologue en dehors du cadre scolaire et de la fonction publique ! A terme, ces mesures changent l'implication du corps des conseillers dans le système éducatif, même si elles ne modifient pas directement leurs fonctions.

Les modalités et les champs d'activité des psychologues scolaires et des conseillers d'orientation sont pourtant très différents. Les premiers veillent à l'adaptation de l'enfant à l'enseignement du premier degré, ce qui entraîne parfois rééducation et soutien psychologique. Les seconds aident l'élève à choisir une filière d'études en fonction de ses affinités et de ses potentialités. Mais les avis sont partagés dans la profession : certains conseillers revendiquent déjà une fonction de thérapeute tandis que d'autres se déclarent hostiles à ce statut de psychologue dont ils héritent malgré eux. On reste confondu devant le trouble et les interrogations engendrés par ces décrets successifs, incroyables volte-face entretenant la plus grande confusion.

**Isabelle Bourdial**

## A NOS LECTEURS

Les manuels scolaires autrichiens et québécois de technologie photographiés dans *Science & Vie* n° 879 sont : *Initiation à la technologie* de D. Fyte et P. Forges, éditions H.R.W., Montréal, et *Werkerziung Kundschule - Bereich Technik*, de Q. Zankl, éditions Veritas.

---

(1) Le *Journal du Syndicat des psychologues de l'Education nationale*, mars-avril 1990.

(2) Un lecteur nous faisait récemment remarquer que ce décret annule tous les diplômes antérieurs à la création des DESS et DEA, et retire le titre de psychologue à ceux qui ont fait leur études il y a trente ans. Pour conserver leur titre, il leur faut passer devant une Commission régionale d'habilitation.

(3) Passant outre l'avis défavorable du Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche.

(4) Impossible de savoir combien sont dans ce cas, car la sous-direction des statistiques du ministère de l'Education nationale ne dispose que des bulletins de salaire, sur lesquels instituteurs et psychologues scolaires sont confondus.

Bosetti témoigne que les enfants évoluent dans un espace insuffisant. L'agressivité ouverte dont ils font preuve, pour la plupart, les empêche de participer pleinement aux activités proposées. Ce contexte n'arrange certainement pas les problèmes individuels. Mais les psychologues n'ont guère la possibilité d'agir sur les conditions matérielles qui règnent à l'école. Le système révèle ses propres limites.

11 h 30 - 12 h 10. Déjeuner à la cantine. Un menu unique "léger et équilibré" — sardines à l'huile, conglomérat de lentilles, palette, camembert plâtreux, biscuits —, véritable défi lancé à tous les systèmes digestifs !

12 h 15. Rencontre avec les instituteurs nouvellement affectés. La psychologue se présente et expose quelques-unes de ses techniques d'analyse :

— l'entretien, qui prend en compte la communication verbale de l'enfant, mais aussi sa communication analogique ou corporelle (gestes, attitudes, mimiques, intonations...) ;

— le dessin, comme mode d'expression pouvant extérioriser certains blocages dus à des conflis inconscients ;

— les tests d'efficience, qui renseignent sur les potentialités intellectuelles de l'enfant ;

— les tests projectifs, qui esquissent la structure de sa personnalité, donnent des indications sur la manière dont il s'adapte aux situations et vit en relation avec les autres.

Parfois méfiant, souvent curieux, l'auditoire ignore en général le rôle, les méthodes et les résultats obtenus par les psychologies scolaires.

13 h 45. Réunion avec la directrice et la rééducatrice en psychomotricité, à la demande d'une assistante sociale, pour évoquer le cas de quelques enfants dont la famille connaît des difficultés.

15 h 15. Pause-récréation dans la salle des enseignants. Sous le coup de la fatigue et de la tension, les langues se délient. 60 % des élèves de l'école sont d'origine étrangère, explique la directrice. Dans ces foyers, pour la plupart socialement démunis, les enfants ne disposent pas tous d'un lit ou d'une paire de chaussures. En revanche, tous possèdent une télévision couleur et un magnétoscope, pour se conformer au mythe de l'émigré qui a réussi.

« Beaucoup de ces familles se sentent trop assistées, constate une institutrice. Imaginez-vous qu'à la question, "que fais-tu s'il y a le feu chez ton voisin ?", un de mes élèves répondit un jour qu'il appellerait l'assistante sociale. C'est ce que ses parents font en cas de problème. »

Les rendez-vous reprendront jusqu'à la sortie des classes, à 16 h 30.



# SCIENCE & JEUX

## La découpe du temps

PHYSIQUE AMUSANTE

*L'écoulement des heures va du passé au futur avec le glissement fluide d'un fleuve allant de sa source à la mer. Mais ce temps qui coule comme de l'eau ne possède ni îles ni rives, ce qui empêche d'y poser un petite roue à aubes que le courant ferait tourner en douceur pour en mesurer le débit.*

Compter un fluide le long duquel n'existe aucun point fixe a donc tout de suite été un casse-tête formidable. Certes il y a des alternances, d'abord la succession des jours et des nuits, puis celle des saisons : les hommes s'en sont contentés pendant des millénaires. La position des étoiles, la nuit, donne une très bonne mesure continue de l'écoulement du temps, mais il faut une lunette et des cercles divisés dont l'usage n'est pas à la portée de tous.

De plus, il faut compter avec les nuages, qui sont tout aussi gênants le jour, pour savoir s'il est bien midi. En fait, il apparut assez vite que, du moment où l'on ne pouvait mettre un jalon fixe dans le cours du temps, il devenait très difficile de le mesurer tel qu'il coule, c'est-à-dire en continu. Il ne restait plus alors qu'à le fractionner en intervalles égaux, puis à additionner ces intervalles. L'ennui, c'est qu'on passait du continu au discontinu.

Le premier problème consista d'abord à trouver des intervalles égaux, ce qui s'avéra peu commode. Le foliot, qui apparut au Moyen Age, reposait un peu sur le principe de la porte battante : c'était une courte poutre horizontale fixée en son milieu sur un axe vertical, lequel porte deux palettes qui bloquent et libèrent alternativement les dents à taille oblique d'un engrenage (la roue d'échappement).

Ces va-et-vient de droite à gauche et de gauche à droite étaient censés être égaux, et la rotation de l'engrenage, mû par un poids, se faisait par à-coups qui découpaient le temps. Il ne restait plus qu'à lui ajouter un train de roues dentées pour démultiplier le mouvement, puis à mettre des aiguilles devant un cadran, et on avait une horloge qui donnait l'heure même quand le ciel était couvert.

La précision n'était pas fabuleuse car les oscillations du foliot n'ont pas de période propre : de lui-même il tend à tourner indéfiniment dans le même sens. Ce sont les palettes de l'axe qui, rencontrant tour à tour les dents diamétralement opposées de l'engrenage, vont l'arrêter, le relancer en sens inverse, l'arrêter encore, le renvoyer en avant, et ainsi de suite.

L'ensemble roue dentée/palettes constituait cependant le premier système d'échappement conçu pour fractionner en intervalles égaux une rotation qui, sans cela, n'aurait pas été contrôlable — le poids tirant sur un câble enroulé sur un tambour tend de lui-même à retomber en faisant tourner le tambour de plus en plus vite. Il s'agissait d'un objet très proche, par l'apparence, du système à échappement que nous vous proposons de fabriquer ce mois-ci. Il était simplement doté d'un axe vertical, et non horizontal. Le foliot, premier découpeur de temps, régnera de 1350 à 1650.

L'étape suivante est due à Huygens sur une idée de Galilée : ce dernier, à 19 ans, suivait avec le manque d'attention propre à son âge les vêpres à la cathédrale de Pise quand il observa le lent balancement d'un lustre accroché très haut à la voûte. Et il nota — le trait de génie — que les aller-retour semblaient se faire dans des temps égaux, mais évidemment aucun chronographe ne permettait de le vérifier.

Chose curieuse, l'idée de remplacer le foliot par un pendule ne lui vint qu'en 1637 alors qu'il avait déjà 73 ans ; mais le Hollandais Huygens, qui connaissait les théories de Galilée, fut le premier à réaliser en 1656 — il n'avait que 27 ans — une horloge à pendule. Par rapport au foliot, le gain de précision fut fantastique, passant de 15 minutes à 1,5 minute par jour.

On avait gagné une décimale quasiment du jour au lendemain (de 900 s à 90 s) et, en 50 ans, on allait en gagner encore une (de 90 s à 9 s) grâce à l'amélioration des systèmes d'échappement. En effet, la période (temps d'un aller-retour) d'un pendule dépend de sa longueur et de l'amplitude des oscillations. La longueur à son tour dépend de la température (on en tint compte à partir de 1720), mais l'erreur introduite est faible.

Par contre, toute modification de l'amplitude du va-et-vient se traduit par un écart important : une dizaine de secondes par jour pour quelques degrés de plus de débattement angulaire. En principe, le remède était simple : il suffisait de donner à l'amplitude du pendule une valeur constante. Autrement dit, il devait osciller de droite à gauche, en allant toujours au même point de part et d'autre, l'atteignant à chaque fois sans jamais le dépasser.

Pour une amplitude donnée, la période du pendule est donc constante. Le tout c'est de garder cette amplitude, et ceci posa de très difficiles problèmes. En effet, sans entretien, les frottements et la résistance de l'air freinent les oscillations et le pendule finit par s'arrêter. Mais, pour entretenir le mouvement, il faut agir sur ce pendule, et donc intervenir sur un mouvement qui cesse d'être parfaitement libre.

Pour perturber le moins possible les oscillations, on découvrit par l'expérience qu'il fallait donner une minuscule impulsion d'entretien du mouvement au moment où le pendule passe par la verticale — et non en bout de course, comme on le fait pour un enfant assis sur une balançoire, laquelle décrit, elle aussi, un mouvement pendulaire.

Les horlogers mirent alors au point un système qui remplissait une double fonction : entretenir les oscillations et, en même temps, les compter ; un train d'engrenages démultiplie ensuite le décompte et l'affiche sur un cadran avec des aiguilles. Le système lui-même reçut le nom d'échappement car il est conçu pour laisser échapper la dent d'un engrenage spécial au bon moment, tout en prenant un peu de la force de cet engrenage pour la communiquer au balancier.

Les Anglais, puis les Français, s'illustrèrent en dessinant et en réalisant des systèmes d'échappement de plus en plus affinés qui ne perturbaient pratiquement pas le balancement du pendule tout en lui donnant la petite impulsion d'entretien. Il fallut pour cela concevoir des ancres munies de palettes en corindon qui engageaient les dents d'un rouage bien particulier dit roue d'ancre. Les dents elles-mêmes avaient une taille spéciale dont le profil anguleux était calculé pour être bloqué par la première palette, puis libéré par la seconde sans introduire à aucun moment de force parasite dans les oscillations du pendule.

Ce système allait régner pendant trois siècles avant d'être détrôné par le quartz, bien qu'on produise encore des montres et des horloges mécaniques. Il nous a donc paru intéressant de faire à notre tour un système à échappement qui illustre comment on a su fractionner le temps en intervalles égaux. Bien sûr, notre montage ne prétend pas à la grande précision.

La fabrication d'un échappement à ancre à partir de polystyrène choc, selon la méthode Hobbystyrène de Pierre Courbier, ne présente que deux difficultés : la meilleure précision possible dans le tracé et la découpe des pièces et une certaine dose de patience dans les réglages de l'échappement. Mais cela n'a rien d'impossible, à preuve le prototype qui a fonctionné fidèlement des heures durant.

Notons que, dans les figures proposées, presque toutes les pièces en plastique sont en polystyrène choc de 2 mm. Rares sont celles qui ont une épaisseur de 1 mm ou 0,5 mm, et on peut les remplacer par un autre plastique souple d'épaisseur voisine qui sera alors collé à la cyanocrylate.

Le matériel nécessaire à la construction est le suivant :

- cutter, règle métallique, colle Uhu-Plast, colle cyanocrylate, papier abrasif ;
- polystyrène choc de 1 et 2 mm, éventuellement 0,5 mm d'épaisseur ; en vente, directement ou par correspondance, chez Adam Montparnasse, 11 bd Edgar Quinet, 75014 Paris, ou chez Pierron, BP 609, 57206 Sarreguemines ;
- tige laiton ou acier de 2 mm, tige plastique de 6 mm, 3 boules de plomb de 12 mm.

On commence la construction par les deux platines A1 et A2, ***figure 1***, faites de deux rectangles évidés de 25x105 mm. La découpe des deux rectangles à enlever dans chaque pièce se fera de la manière suivante : on commencera par tracer très précisément les cotes, puis les quatre sommets des deux rectangles seront percés de huit trous pratiqués avec une aiguille chauffée.

Le cutter qui doit marquer le plastique sera alors arrêté très exactement, et l'on pourra répéter l'opération de marquage sur le verso, ce qui rendra plus aisée l'opération de rupture et de dégagement des deux rectangles. Pour ce faire, on s'aidera de pinces universelles en rompant progressivement le plastique jusqu'aux trous. Il sera alors facile d'enlever les deux pièces. Il restera à dresser les tranches extérieures et intérieures en les égalisant au cutter.

Lorsqu'on aura terminé les deux pièces A1 et A2, on les superposera et on les maintiendra solidement (ruban adhésif). On les percera ensemble de deux trous de 2 mm destinés à servir de palier à l'axe de l'ancre et à celui de la roue d'échappement. Ces deux trous doivent être centrés et distants de 41 mm très exactement. Si cette cote n'était pas respectée, le système ne fonctionnerait pas, ou très mal. Il en serait de même si les

axes n'étaient pas à la fois parallèles entre eux et perpendiculaires aux platines.

Le châssis destiné à relier les deux platines comprend également (*figures 2 et 3*) les pièces C1, C2, D, E, F1, F2, G et les trois pièces L1, L2 et K, (cette dernière en 1 mm d'épaisseur) qui servent à suspendre la lame souple dont est équipé le balancier. La pièce D qui comporte un évidement rectangulaire est destinée à prendre appui sur le mur et à conserver le parallélisme du boîtier. On découpera l'évidement selon la technique employée pour les platines.

On fabriquera ensuite la pièce H qui est la fourchette (*figure 3*).Cette pièce sera solidaire de l'ancre. Pour la fabriquer, on découpera un rectangle de 6x84 mm. A l'une de ses extrémités on pratiquera un trait de scie centré de 11 mm. Au cutter, on l'agrandira en largeur jusqu'à obtenir une cote de 3 mm où passera la tige du balancier qui a 2 mm.

A son autre extrémité on collera (Uhu-Plast) les deux pièces J1 et J2 et on les percera en leur centre d'un trou de 2 mm. Il faudra ensuite couder à chaud la fourchette à 67 mm de son extrémité supérieure (*figure 3*). Pour cela, on chauffe légèrement le polystyrène à la flamme d'un briquet et, dès que la matière se ramollit, on la plie à 90° en s'aidant d'un bloc de bois ou autre. Il est conseillé de s'entraîner d'abord sur des chutes de polystyrène.

Le balancier (*figure 6*), est formé d'une tige de 5x270 mm et d'un disque de 82 mm (2 mm d'épaisseur). Il sera suspendu à une lame souple, pièce N, qui sera prise entre deux rectangles de même matière, les pièces O1 et O2, lesquelles seront également collées de part et d'autre de la tige M du balancier. Puis on collera les trois pièces formant le support de lame (K, L1 et L2, *figure 3*).

L'intervalle entre L1 et L2 doit être juste suffisant pour laisser la place à la partie supérieure de la lame. Quand les collages seront secs, on mettra en place la lame N et, avec une épingle chauffée, on percera un trou centré à travers les trois pièces L1, N et L2.

On retirera alors l'épingle qui servira ensuite à maintenir emprisonnée la lame. En effet, en laissant libre la partie supérieure de la lame, le balancier reste vertical de lui-même. D'autre part, le démontage facilite la manipulation, voire le transport de l'horloge.

Le système aiguille et poids est décrit *figure 5*. La seule difficulté consiste à trouver un axe en plastique de 6 mm (longueur 45 mm). A l'une de ses extrémités, on perce un trou de 2 mm et de 20 mm de profondeur. C'est dans ce trou que viendra se loger l'axe de la roue d'échappement. L'axe troué sera ensuite engagé dans un premier disque P, *figure 4*, de 26 mm (1 mm d'épaisseur). Un second disque Q solidaire de l'aiguille, également en 1 mm d'épaisseur, sera ensuite engagé et collé au premier.

Le poids peut être quelconque à condition qu'il ait une masse d'environ 35 à 40 g. Nous avons choisi de le fabriquer avec trois chevrotines de 12 mm, percées et munies d'un fil de laiton torsadé (*figure 5*). Un fil à coudre de 2 m de long sera ensuite enroulé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Il semble inutile d'insister sur la minutie qui doit présider à la découpe des trois pièces T1, T2 et S qui constituent le mécanisme d'échappement proprement dit. On commencera par photocopier (en deux exemplaires par sécurité) le dessin de ces pièces donné *figure 7*. Ensuite on collera la photocopie sur du polystyrène de 1 mm pour la roue dentée S et de 2 mm pour l'ancre (pièces T1 et T2).

On vérifiera le centrage de la roue en traçant un cercle au compas : les pointes des dents doivent être situées sur le cercle. C'est seulement après cette vérification que l'on percera le centre avec une aiguille chauffée. On marquera les dents en suivant très exactement leur tracé sur la photocopie, avec la lame du cutter sans créer le moindre aiguillage, puis on rompra le plastique en enlevant la matière en surplus.

Comme il s'agit de polystyrène de 1 mm d'épaisseur, la découpe sera aisée. Avant de poursuivre on rectifiera soigneusement au cutter la tranche des dents. Il restera à découper les 4 disques (en polystyrène de 1 mm d'épaisseur) qui vont être disposés de part et d'autre de la roue. Afin de les centrer, on enfilera sur une aiguille les cinq pièces comme indiqué *figure 8*. En les faisant tourner à la main, on s'assurera que les disques sont bien centrés ; ils seront ensuite collés.

La *figure 8* montre comment disposer l'axe (laiton ou acier) de 2 mm pour une longueur de 43 mm. Cet axe doit dépasser vers l'avant de 30 mm ; il sera rendu solidaire de la roue avec de la colle cyanocrylate. Deux manchons d'écartement, en tube plastique d'un diamètre adéquat, seront disposés de part et d'autre. Leur longueur devra être réglée par la suite de telle façon que les dents de la roue se présentent toujours sous les branches de l'ancre.

Etant donné que les épaisseurs des deux mobiles sont différentes, il faudra en tenir compte dans la détermination des longueurs. Mais surtout, il est indispensable que les deux pièces ne se coincent pas et soient libres sans excès.

Les deux pièces formant l'ancre seront marquées et découpées dans du polystyrène de 2 mm d'épaisseur selon la technique utilisée pour la roue (collage de la photocopie). Elles seront tracées, marquées et découpées avec la plus grande précision possible. Elles seront ensuite superposées, collées et percées à l'endroit indiqué *figure 7*, puis fixées à la cyanocrylate sur un axe métallique aux cotes précisées *figure 9*. On remarquera que l'axe dépasse de 19 mm vers l'arrière de l'ancre, c'est sur cette portée que sera collée ultérieurement la fourchette.

Une petite pièce de réglage de l'ancre (pièce U *figure 7*), en polystyrène de 1 mm d'épaisseur, sera collée comme précisé sur la même figure. L'ancre n'est pas symétrique : on veillera à coller U sur le bon côté et, lors du montage, à respecter la position de l'ancre et

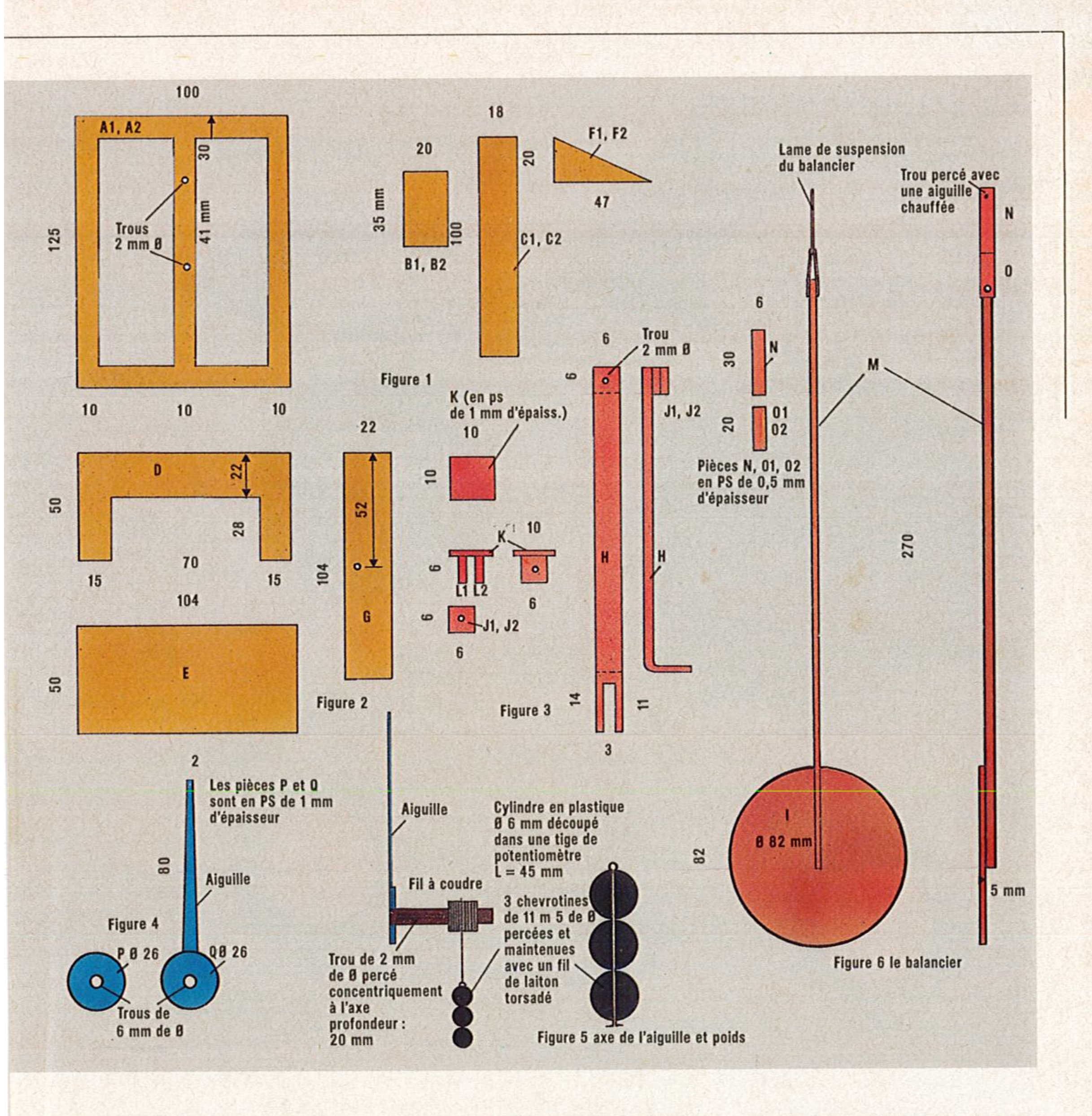



Figure 5 axe de l'aiguille et poids

Figure 6 le balancier

le sens des dents inclinées de la roue d'échappement.

Le montage des pièces terminées commencera par le collage de C1 et C2 sur la platine de fond A1 (*figure 10*). Sur les deux côtés on collera B1 et B2. Tous ces assemblages doivent être parfaitement d'équerre. On collera ensuite les deux cornières F1 et F2 sur E, puis E sur la partie supérieure de l'ensemble formé par les pièces A1 et C1 ; la pièce échancrée D sera ensuite collée au bas de la platine A1.

Il reste à monter les deux pièces mobiles déjà assemblées. On les munira de leurs manchons écarteurs dont la longueur sera ajustée afin que l'ancre reste constamment engrenée avec la roue d'échappement (*figure 10*). On placera alors la platine avant, pièce A2, et on la maintiendra en place avec du ruban adhésif. Son collage définitif ne sera effectué qu'après réglage et fonctionnement parfait du système.

La fourchette sera alors immobilisée sur son axe avec une colle cyanocrylate type gel. Ce dernier produit offre l'avantage de tolérer un certain réglage avant durcissement. Dans un premier temps le réglage consiste à disposer l'ancre comme indiqué ***figure 11***, la fourchette étant verticale. C'est seulement après les réglages dynamiques que l'on pourra renforcer ce collage en mettant un peu de cyanocrylate liquide qui immobilisera définitivement l'assemblage.

On collera ensuite le support de lame contre la face inférieure de E. Pour cela, on le munira du balancier et on vérifiera, le système étant disposé contre un mur, que la tige du balancier passe librement entre les dents de la fourchette et que cette dernière ne touche pas la tige.

L'axe de l'aiguille bénéficie d'un

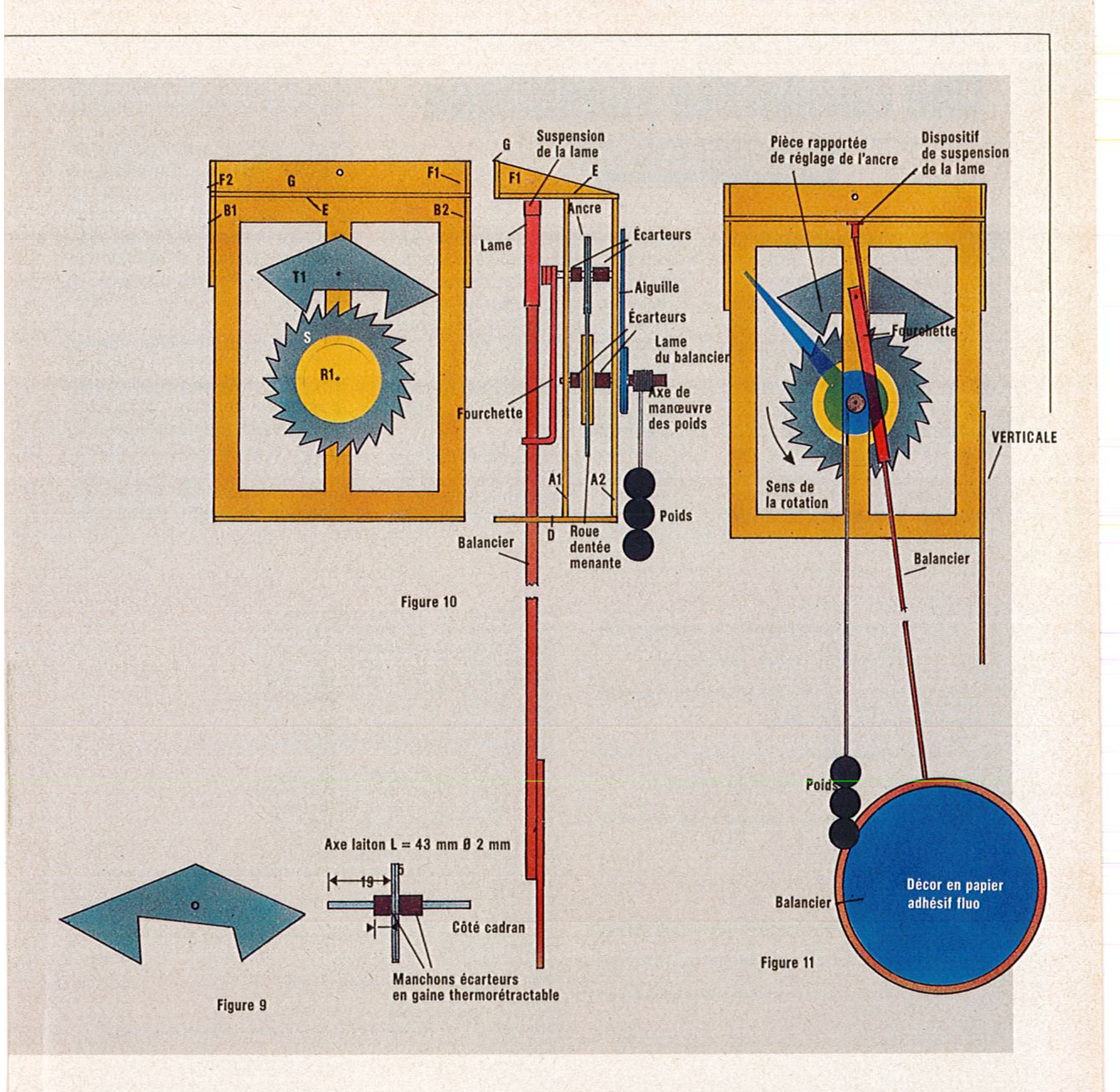
truc qui simplifie le remontage et évite la construction d'un cliquet et d'une roue à rochet. Il consiste d'abord à vérifier que l'axe de la roue d'échappement pénètre à frottement doux dans le logement foré dans l'axe de l'aiguille. On dépose alors sur l'axe de la roue une très petite quantité de colle cyanocrylate gel, sur trois à quatre millimètres du côté de la platine, et on attend qu'elle ait séché.

Ce minuscule dépôt crée une surépaisseur qui durcira l'emmanchement. Il faut que ce dépôt soit suffisant pour bloquer l'un dans l'autre les axes, ce qui permet au poids d'entraîner le mécanisme. Si le frottement était trop dur, on gratterait légèrement au cutter la colle en surplus.

Cet essai terminé, on enroulera le fil sur l'axe de l'aiguille dans le sens inverse des aiguilles d'une montre afin que la roue d'échappement tourne dans ce même sens (*figure 11*).

Une très petite quantité d'huile sera déposée sur les quatre paliers, et au passage de la tige du balancier dans la fourchette. Le montage étant fixée contre un mur, on vérifiera qu'il est bien vertical et on mettra en place l'axe de l'aiguille en l'enfonçant suffisamment.

On lancera alors légèrement le balancier. Il faudra bien de la chance pour qu'un tic-tac se fasse immédiatement entendre, et surtout pour qu'il ne s'arrête pas quelques secondes plus tard. En effet, rappelons le principe de l'échappement à ancre : pour qu'il fonctionne, il faut que la roue entraînée dans le sens indiqué (*figure 11*) donne une légère impulsion à la palette de l'ancre au contact de laquelle elle se trouve. Comme l'ancre est solidaire de la fourchette et que celle-ci est liée au balancier, cette impulsion lui est transmise.




Mais la dent qui a provoqué ce mouvement s'échappe, tandis qu'une autre s'engage contre la seconde palette de l'ancre et se trouve arrêtée. En revenant le balancier provoque le dégagement de la dent bloquée, et la première palette retrouve une nouvelle dent qui lui donne une nouvelle impulsion. Le mouvement se poursuit tant que le poids assure la force motrice.

Le bon fonctionnement réside dans le décalage entre les deux temps de l'échappement. Si on a bien respecté les cotes données, le réglage consistera d'abord, dès que le balancier s'arrête, à incliner latéralement dans un sens le bâti et à le relancer. Si la dent de la roue s'accroche à nouveau, on inclinera un peu plus et on relancera. Si le résultat est toujours décevant, on recommencera par petits réglages, mais de l'autre côté de la verticale.

Il se peut alors que le système fonctionne bien quand le bâti est de travers. C'est bon signe : il ne restera plus qu'à corriger la position relative de la fourchette qui doit être telle que le mouvement fonctionne quand son bâti est vertical. Si ce n'est pas le cas, il va falloir modifier la longueur de la pièce U, collée sur une des branches de l'ancre, en la diminuant d'une petite fraction de millimètre. De simples ciseaux conviendront.

Bien entendu, avant d'en enlever un peu plus, on recommencera les réglages décrits précédemment. C'est la présence de cette petite pièce qui a constitué la différence entre le succès et l'échec lors de la mise au point du prototype ; le réglage parfait demanda une ou deux heures, et il faut donc être patient avant de pouvoir entendre ce tic-tac qui découpa le temps pendant trois siècles.

**Renaud de La Taille**
**Modèle Pierre Courbier**




# Une calculatrice scientifique

INFORMATIQUE AMUSANTE

Si les micro-ordinateurs familiaux, une fois programmés, permettent d'effectuer bien des tâches, il n'est malheureusement pas possible, la plupart du temps, de les utiliser directement en tant que simples calculatrices. Ceci est dommage car ils renferment, par construction, toutes les fonctions d'une calculatrice scientifique. Le petit programme que nous vous proposons ce mois-ci viendra donc combler ce manque. Notons que l'écran sera ici divisé en deux dans le sens vertical. Sur sa partie gauche sera représentée la "calculette", munie de son clavier et de son afficheur, sur sa partie droite un listing des opérations effectuées s'affichera au fur et à mesure de leur frappe, de manière comparable à ce que propose une calculatrice équipée d'une petite imprimante.

Ces quelques précisions apportées, passons à l'écriture de notre programme. En premier lieu nous redéfinirons les symboles graphiques nécessaires à la représentation de notre calculatrice. Deux fenêtres, la première utilisée pour "l'afficheur" de cette dernière, la seconde réservée à l'affichage du listing, seront ensuite mises en place. Cela effectué, l'écran de travail sera présenté. Après initialisation des variables, le programme pourra donc débuter. Il sera en fait constitué d'une série de sous-routines.

La première aura pour mission de faire entrer au fur et à mesure les chiffres frappés au clavier dans la mémoire de notre calculatrice. Un test permettra de distinguer un chiffre d'un symbole opératoire. En effet, dès la frappe de l'un d'entre eux, le programme quittera l'exploitation de cette sous-routine

```
10 MODE 2:CLS
20 REM  ***************************************
30 REM *                                       *
40 REM *     INITIALISATION DES VARAIABLES.    *
50 REM *                                       *
60 REM  ***************************************
70 LET FONC=0:LET X=0:LET Y=0
80 LET KB=0:LET OP=0:LET VIR=0
90 LET MEM=0:LET RECALL=0
100 REM  ***************************************
110 REM *                                       *
120 REM *     DONNEES DES SYMBOLES TOUCHES.     *
130 REM *                                       *
140 REM  ***************************************
150 DATA " M+ "," M- "," MR "," MC "
160 DATA " Sq "," x^y"," Ln "," lg "
170 DATA  " 7 "," 8 "," 9 "," +  "
180 DATA  " 4 "," 5 "," 6 "," -  "
190 DATA  " 1 "," 2 "," 3 "," x  "
200 DATA  " Ce "," 0 "," =  "," /  "
210 REM  ***************************************
220 REM *                                       *
230 REM *  REDEFINITION DES SYMBOLES GRAPHIQUES *
240 REM *                                       *
250 REM  ***************************************
260 SYMBOL AFTER 127
270 SYMBOL 128,1,3,7,7,7,7,3,1
280 SYMBOL 129,128,192,224,224,224,224,192,128
290 SYMBOL 134,255,0,0,0,0,0,0,0
300 SYMBOL 135,1,2,4,8,16,32,64,128
310 SYMBOL 136,128,128,128,128,128,128,128,128
320 SYMBOL 137,128,64,32,16,8,4,2,1
330 SYMBOL 138,0,0,0,0,0,0,0,255
340 SYMBOL 139,1,1,1,1,1,1,1,1
350 REM  ***************************************
360 REM *                                       *
370 REM *        TRACAGE DE LA CALCULETTE.      *
380 REM *                                       *
390 REM  ***************************************
400 FOR V=0 TO 5
410 FOR H=1 TO 4
420 READ X$
430 LOCATE 6*H,10+(2*V)
440 PEN 1:PAPER 0:PRINT CHR$(128);
450 PEN 0:PAPER 1:PRINT X$;
460 PEN 1:PAPER 0:PRINT CHR$(129);
470 NEXT H
480 NEXT V
490 FOR H=6 TO 30
500 LOCATE H,1:PRINT CHR$(134)
510 LOCATE H,21:PRINT CHR$(138)
520 NEXT H
530 FOR V=2 TO 20
540 LOCATE 5,V:PRINT CHR$(136)
550 LOCATE 30,V:PRINT CHR$(139)
560 NEXT V
570 LOCATE 5,1:PRINT CHR$(135)
580 LOCATE 30,1:PRINT CHR$(137)
590 LOCATE 30,21:PRINT CHR$(135)
600 LOCATE 5,21:PRINT CHR$(137)
610 LOCATE 9,6:PRINT "PROGRAMME"
620 LOCATE 17,8:PRINT "CALCULETTE."
630 FOR H=8 TO 27
640 LOCATE H,2:PRINT CHR$(134)
650 LOCATE H,4:PRINT CHR$(138)
660 NEXT H
670 LOCATE 7,3:PRINT CHR$(136)
680 LOCATE 28,3:PRINT CHR$(139)
690 LOCATE 7,2:PRINT CHR$(135)
700 LOCATE 28,2:PRINT CHR$(137)
710 LOCATE 7,4:PRINT CHR$(137)
720 LOCATE 28,4:PRINT CHR$(135)
730 REM  ***************************************
740 REM *                                       *
750 REM * MISE EN PLACE DES FENETRES D'AFFICHAGE *
760 REM *                                       *
770 REM  ***************************************
780 WINDOW #2.8,27,3,3
790 WINDOW #3,50,70,1,24
800 PAPER #3,1:PEN #3,0:CLS#3
810 LOCATE #3,1,23
820 LOCATE #4,1,24
830 REM  ***************************************
840 REM *                                       *
850 REM *  PRISE EN COMPTE DES TOUCHES FRAPPES.  *
860 REM *                                       *
870 REM  ***************************************
880 LET K$=INKEY$:IF K$="" THEN GOTO 880
890 LET FONC=ASC(K$)
900 IF FONC=67 OR FONC=99 THEN CLS#2:PRINT #3," ----
-- Clear ------":LET X=0:LET Y=0:LET OP=0:GOTO 880
910 IF FONC=46 THEN LET VIR=1
920 IF FONC=77 OR FONC=109 THEN GOSUB 1990
930 IF FONC>47 AND FONC<58 THEN GOSUB 1020
940 IF (FONC>41 AND FONC<>46 AND FONC<48) OR (FONC>5
7 AND FONC<123) THEN GOSUB 1120
950 IF FONC=61 THEN LET Y=0:LET OP=0:PRINT #3," ---
Clear S.V. P---"
960 GOTO 880
970 REM  ***************************************
980 REM  *                                      *
990 REM  *  CALCUL DU CHIFFRE FRAPPE AU CLAVIER.  *
1000 REM *                                      *
1010 REM  ***************************************
1020 LET VALNUM=FONC-48
1030 IF VIR=0 THEN LET KB=(KB*10)+VALNUM
1040 IF VIR<>0 THEN LET KB=KB+(VALNUM/10^VIR):LET VI
R=VIR+1
1050 PRINT #2,KB
1060 RETURN
1070 REM  ***************************************
1080 REM *                                      *
```

pour mémoriser le type d'opération demandé et, éventuellement, pour l'exécuter.

Une sous-routine particulière sera associée à chaque type d'opération. A chaque fois dans le listing de notre programme nous indiquerons clairement quel type d'opération elle concerne. A l'issue de l'exécution de chacune d'entre elles le résultat obtenu sera pris en compte par la variable réservée à l'affichage.

Deux dernières sous-routines se chargeront de celui-ci. La première concernera le petit afficheur de la calculette, la seconde l'impression du listing.

La frappe de ce programme ne doit pas poser de problème particulier. En effet, le Basic utilisé est des plus standard. Il sera donc facile de l'adapter sur d'autres machines que l'Amstrad. Seules les instructions telles que MODE, LOCATE et SYMBOL devront être remplacées par leurs équivalentes mais nous avons déjà parlé de nombreuses fois de ce point dans ces lignes.

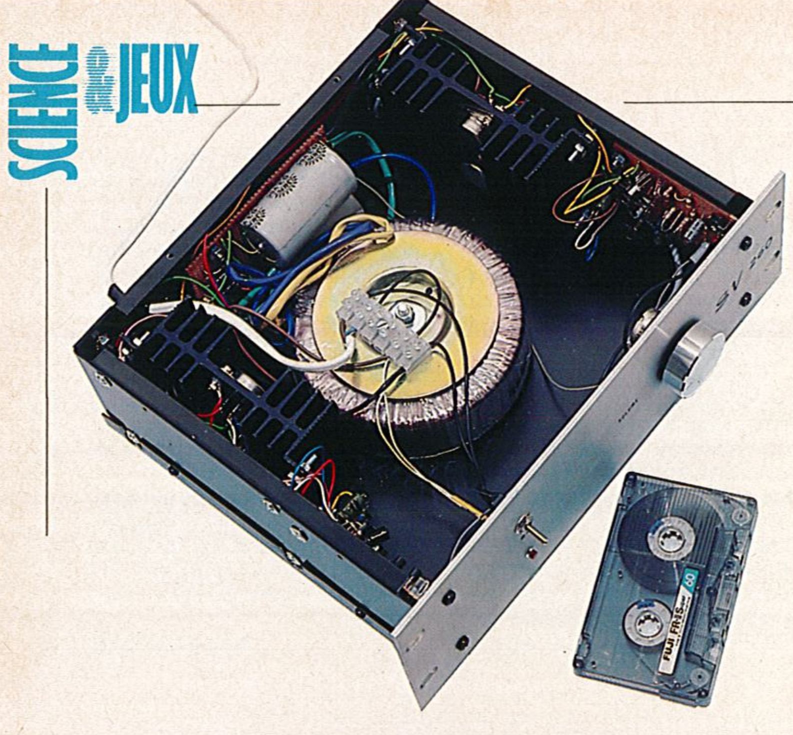
L'utilisation de notre calculatrice est également des plus simples. Elle s'emploie comme un appareil conventionnel. Tout chiffre frappé au clavier apparaît immédiatement sur son afficheur et la frappe d'une opération provoque sa remise à 0, sauf s'il doit afficher le résultat d'une opération, pour permettre la prise en compte du nombre suivant. Seules les touches telles que MR, MC, M+, M-, C, CE, etc. ne sont pas accessibles sur la frappe d'une touche unique. Pour tous ces cas, il faudra en effet taper les deux lettres que comporte la touche afin que le programme soit en mesure de distinguer la fonction choisie de celles commençant par la même lettre.

Notons que notre calculette ne reprend pas l'ensemble des fonctions mathématiques disponibles sur l'Amstrad. Cela, tout simplement, parce que la vocation de ce programme n'est pas de refaire un ordinateur.

Il vous sera cependant parfaitement possible si vous le souhaitez, en vous inspirant des méthodes que nous avons employées, de compléter à votre gré cette calculatrice.

**Henri-Pierre Penel**

```
1090 REM * AGUILLAGE VERS SOUS ROUTINES OPERATION *
1100 REM *                                        *
1110 REM  ***************************************
1120 IF FONC=61 THEN GOTO 1150
1130 IF RECALL=1 THEN LET KB=MEM:LET RECALL=0
1140 IF X=0 THEN LET X=KB:LET OP=FONC:PRINT #3,X:GOT
O 1250
1150 IF Y=0 THEN LET Y=KB:PRINT #3," ";CHR$(OP):IF Y
<>0 THEN PRINT #3,Y
1160 IF OP=43 THEN GOSUB 1320
1170 IF OP=45 THEN GOSUB 1400
1180 IF OP=42 THEN GOSUB 1480
1190 IF OP=47 THEN GOSUB 1570
1200 IF OP=94 THEN GOSUB 1660
1210 IF OP=83 OR OP=115 THEN LET Y=X:GOSUB 1750
1220 IF OP=76  THEN LET Y=X:GOSUB 1830
1230 IF OP=108 THEN LET Y=X:GOSUB 1910
1240 PRINT #2,X:PRINT #3," =";X
1250 LET KB=0:LET VIR=0
1260 RETURN
1270 REM  ***************************************
1280 REM *                                       *
1290 REM *          SOUS ROUTINE ADDITION.        *
1300 REM *                                       *
1310 REM  ***************************************
1320 LET X=X+Y
1330 LET Y=0:LET OP=FONC
1340 RETURN
1350 REM  ***************************************
1360 REM *                                       *
1370 REM *        SOUS ROUTINE SOUSTRACTION.      *
1380 REM *                                       *
1390 REM  ***************************************
1400 LET X=X-Y
1410 LET Y=0:LET OP=FONC
1420 RETURN
1430 REM  ***************************************
1440 REM *                                       *
1450 REM *       SOUS ROUTINE MULTIPLICATION.     *
1460 REM *                                       *
1470 REM  ***************************************
1480 IF Y=0 THEN RETURN
1490 LET X=X*Y
1500 LET Y=0:LET OP=FONC
1510 RETURN
1520 REM  ***************************************
1530 REM *                                       *
1540 REM *          SOUS ROUTINE DIVISION.        *
1550 REM *                                       *
1560 REM  ***************************************
1570 IF Y=0 THEN RETURN
1580 LET X=X/Y
1590 LET Y=0:LET OP=FONC
1600 RETURN
1610 REM  ***************************************
1620 REM *                                       *
1630 REM *         SOUS ROUTINE PUISSANCE.        *
1640 REM *                                       *
1650 REM  ***************************************
1660 IF Y=0 THEN RETURN
1670 LET X=X^Y
1680 LET Y=0:LET OP=FONC
1690 RETURN
1700 REM  ***************************************
1710 REM *                                       *
1720 REM *      SOUS ROUTINE RACINE CARREE.       *
1730 REM *                                       *
1740 REM  ***************************************
1750 LET X=SQR(X)
1760 LET Y=0:LET OP=FONC
1770 RETURN
1780 REM  ***************************************
1790 REM *                                       *
1800 REM *      SOUS ROUTINE LOG NEPERIEN.        *
1810 REM *                                       *
1820 REM  ***************************************
1830 LET X=LOG(X)
1840 LET Y=0:LET OP=FONC
1850 RETURN
1860 REM  ***************************************
1870 REM *                                       *
1880 REM *      SOUS ROUTINE LOG DECIMAL.         *
1890 REM *                                       *
1900 REM  ***************************************
1910 LET X=LOG10(X)
1920 LET Y=0:LET OP=FONC
1930 RETURN
1940 REM  ***************************************
1950 REM *                                       *
1960 REM *     SOUS ROUTINE CONTROLE MEMOIRE.     *
1970 REM *                                       *
1980 REM  ***************************************
1990 LET K$=INKEY$
2000 IF K$="+" THEN GOTO 2050
2010 IF K$="-" THEN GOTO 2060
2020 IF K$="C" OR K$="c" THEN GOTO 2070
2030 IF K$="R" OR K$="r" THEN GOTO 2080
2040 GOTO 1990
2050 LET MEM=MEM+X:GOTO 2090
2060 LET MEM=MEM-X:GOTO 2090
2070 LET MEM=0:GOTO 2090
2080 LET RECALL=1:GOTO 2090
2090 LET Y=0:LET FONC=0:PRINT #2,"                    M":PRI
NT #3," ------ Clear ------"
2100 IF K$<>"R" OR K$<>"r" THEN LET X=0
2110 PRINT #3," Contenu memoire:"
2120 PRINT #3,MEM
2130 IF K$<>"R" AND K$<>"r" THEN PRINT #3," ----- Cl
ear ------"
2140 IF K$="r" OR K$="R" THEN PRINT #2,MEM
2150 RETURN
```



# Un amplificateur haute-fidélité

ÉLECTRONIQUE AMUSANTE

Jusqu'à présent nous n'avions qu'assez peu traité d'audio. Nous comblerons donc ici ce vide. Notons d'ailleurs que cette réalisation comportera en fait trois parties distinctes : la réalisation de l'amplificateur de puissance, celle du préamplificateur-correcteur et, enfin, celle des enceintes acoustiques. Chaque élément composant cet ensemble pourra parfaitement être utilisé indépendamment des autres car les caractéristiques d'entrée et de sortie de chacun d'entre eux ont été étudiées aux normes en vigueur sur le marché. Libre donc à chacun de réaliser tout ou partie de ce montage.

Cela dit nous étudierons donc ce mois-ci l'amplificateur de puissance. Afin qu'il soit en mesure de restituer la dynamique que fournissent les lecteurs de disques compacts, nous l'avons doté d'une puissance efficace de 60 watts par canal sous 8 ohms. A propos de ce chiffre quelques commentaires sur la manière utilisée par les constructeurs pour annoncer la puissance de leurs appareils. En théorie, la seule puissance "réelle" reste la puissance efficace, parfois mentionnée RMS sur les fiches de caractéristiques. Elle correspond à la puissance que peut fournir l'amplificateur de manière permanente sur une charge déterminée en régime sinusoïdal ; dans notre cas, 60 W sous 8 Ω. Mais, bien souvent, le terme de puissance musicale est employé. En réalité, son appellation est liée au fait que, pour la restitution de musique, l'amplificateur ne délivre pas un signal d'amplitude constante. On conçoit aisément que cette dernière sera évidemment fonction de la dynamique instantanée. On détermine donc une "valeur moyenne" ne tenant pas compte des pics d'amplitude à restituer lors d'un coup de batterie par exemple, lequel sera d'ailleurs, dans ce cas précis, restitué avec un manque de dynamique et une forte distorsion. Dans la pratique, la puissance musicale annoncée est, le plus souvent, deux fois la puissance efficace. Notre amplificateur deviendrait donc un "2 fois 120 watts". Enfin on parle également parfois de "puissance totale". Ce chiffre correspond à la somme des puissances musicales soit pour nous 240 watts. De telles disparités entre les chiffres rendent compliqué l'achat d'un appareil. Seule la puissance efficace doit donc être prise en considération.

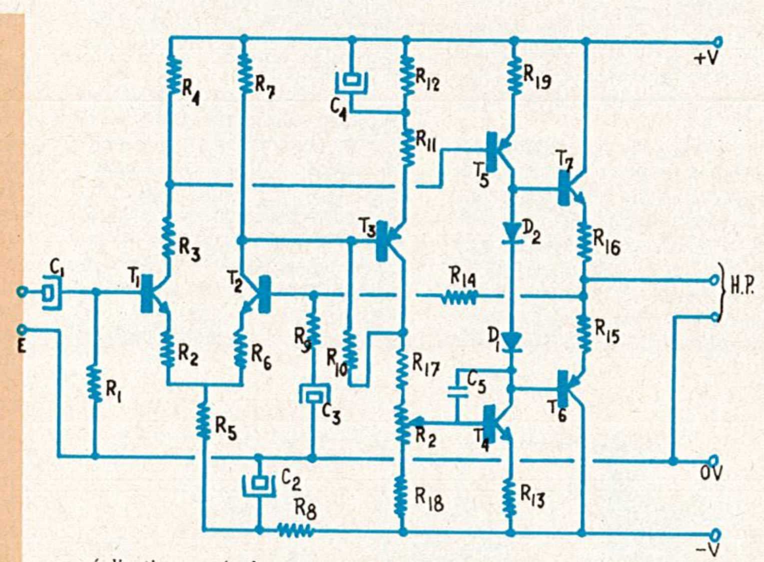
Ces quelques précisions apportées, passons à l'étude théorique de notre amplificateur. Afin de fournir 60 W notre montage devra être en mesure, pour une charge de 8 Ω, de délivrer une tension de près de 62 V, crête à crête, et sous une intensité maximale de près de 8 A, notre amplificateur ne disposant pour source que d'une tension de l'ordre du volt et, qui plus est, sous une impédance élevée donc ne pouvant débiter que très peu de courant. Ayant choisi pour notre amplificateur une impédance d'entrée de 15 kJ et une sensibilité de 600 mV, nous devrons donc amplifier simultanément tension et courant.

Pour cela nous commencerons par appliquer notre signal d'entrée à un amplificateur de tension équipé de deux transistors montés en étage différentiel. Ce dernier nous servira également, comme nous le verrons plus loin, de point de retour de la contre réaction de l'amplificateur. Celui-ci sera suivi d'un deuxième étage chargé, d'une part, d'amplifier encore la tension et, d'autre part, de séparer notre signal en deux et d'adjoindre à chacune de ces nouvelles tensions une composante continue compatible avec la polarisation des étages de sortie. Ces derniers comportent 4 transistors. Les deux premiers sont câblés en générateurs de courant et piloteront les bases des transistors de puissance. Ces derniers, montés en pus pull complémentaire, permettront d'obtenir le courant nécessaire en sortie. La tension de contre réaction, c'est à dire d'asservissement du montage indispensable pour obtenir un faible taux de distorsion, sera prélevée en ce point puis renvoyée vers l'étage différentiel par l'intermédiaire d'un jeu de résistances fixant le gain global de l'amplificateur.

Reste que notre appareil devra disposer d'une source de tension continue pour être en mesure de fonctionner. Il nous faudra donc également réaliser une alimentation. Afin de limiter le nombre de condensateurs nécessaires à sa

IMPLANTATION DES COMPOSANTS

SCHÉMA ÉLECTRIQUE




## NOMENCLATURE

$R_1$= 47 KΩ
$R_2$= $R_6$= 22 Ω
$R_3$= 6,8 KΩ
$R_4$= 3,3 KΩ
$R_5$= 15 KΩ
$R_7$= $R_{12}$= $R_{17}$= 10 KΩ
$R_8$= 4,7 KΩ
$R_9$= 1 KΩ
$R_{10}$= $R_{14}$= 47 KΩ
$R_{15}$= $R_{16}$= 0,47 Ω 5 W
$R_{18}$= 1,8 KΩ
$R_{19}$= $R_{13}$= 220 Ω

$C_1$= $C_2$= 10 µF 35 V
$C_3$= $C_4$= 22 µF 35 V
$C_5$= 150 pF

$T_1$= $T_2$= 2 N 3904
$T_3$= 2 N 3906
$T_4$= 2 N 1711
$T_5$= 2 N 2905
$T_6$= MJ 2501
$T_7$= MJ 3001
$T_2$= 470 Ω
$P_2$= 470 Ω
$P_1$ (VOLUME ENTREE) = 22 KΩ

réalisation et également afin d'améliorer son rapport signal sur bruit nous avons décidé d'alimenter cet amplificateur de manière symétrique, c'est-à-dire à partir de deux tensions de valeurs identiques mais de signes opposés par rapport au 0 volt. Le cœur de cette alimentation sera bien évidemment le transformateur. Or il s'agit là d'un composant très cher. Nous devrons donc le calibrer au plus

**OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS ?**

△ MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris, tél. (1) 43 79 39 88

△ PENTASONIC, 10 boulevard Arago, 75013 Paris, tél. 43 36 26 05

△ T.S.M., 15 rue des Onze-Arpents, 95130 Franconville, tél. 34 13 37 52

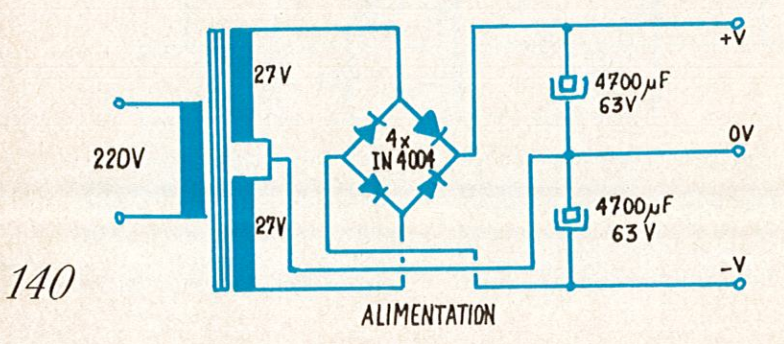
△ URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon Suisse.

△ Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

juste. Il coûtera de toute façon plus cher que tout le restant de l'électronique. Nous avons arrêté notre choix sur un transformateur 2 fois 27 volts 150 VA. Un pont diode et deux condensateurs permettront d'obtenir nos tensions continues. Notons qu'à vide, c'est-à-dire en l'absence de signal, les tensions disponibles seront de + et − 42 volts, tensions bien supérieures à celles nécessaires. Cependant, le rendement de tout amplificateur de puissance de ce type "plafonne" aux alentours de 60 %. La puissance théorique de notre transformateur devrait donc être de 2x60x100/60 soit 200 VA. Nos tensions d'alimentation s'effondreront donc dès que de la puissance sera demandée mais elles resteront suffisantes pour assurer la puissance annoncée.

Le câblage de cet amplificateur ne doit pas poser de problème particulier. Il faudra cependant veiller à bien respecter la polarité des divers composants ainsi que de bien réaliser les coupures de bandes conductrices aux emplacements mentionnés. Pour une réalisation stéréophonique, les montages des deux canaux étant identiques, les schémas que nous donnons ne concernent que l'une des deux voies. Précisons qu'il sera indispensable d'équiper les transistors de puissance de radiateurs de refroidissement. Ces derniers devront être équipés d'isolateurs. Le boîtier métallique des transistors se trouvant directement relié aux tensions d'alimentation, l'absence d'isolation provoquerait donc un court-circuit franc — ce qui n'est évidement pas le but recherché. Enfin, avant d'être totalement prêt à être utilisé, un réglage sera effectué sur chaque amplificateur : il s'agit de l'ajustage de la tension de repos. Cette opération est très simple à effectuer. Une fois entièrement câblé, l'amplificateur sera mis sous tension sans connecter ni enceintes acoustiques ni source. Un voltmètre sera connecté sur la sortie et on jouera sur P2 de manière à amener la tension délivrée à 0 volt. Il faudra progressivement changer de calibre sur le voltmètre jusqu'a travailler sur le plus sensible. Si l'on ne dispose pas de ce type de matériel, une autre solution, bien que moins précise, peut être employée. Un casque sera connecté à la sortie, puis P2 sera ajusté de manière à ce que le bruit de fond perçu dans le casque soit aussi faible que possible. Une fois ce réglage terminé, l'appareil sera prêt a être utilisé.

Pour habiller cet amplificateur, il faudra prévoir un boîtier comportant des aérations, par exemple un boîtier métallique de marque ESM type midi rack ; cependant, ceci n'est absolument pas un impératif. Seul le plastique est à déconseiller en raison des risques de déformations liés à la chaleur dégagée par les transistors de puissance. **Henri-Pierre Penel**



ALIMENTATION

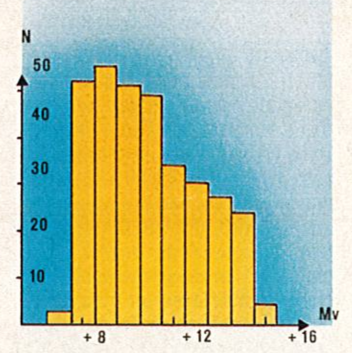
# Les amas du printemps

**JOURNAL DE L'ASTRONOME**

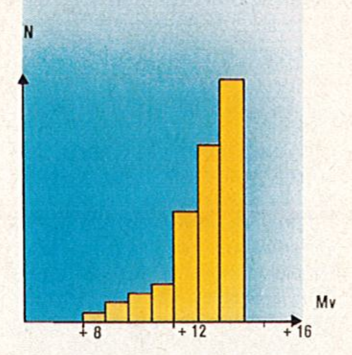
Notre galaxie, comme toutes les autres d'ailleurs, est constituée de masses de gaz et d'étoiles. Ces dernières sont parfois isolées mais, le plus souvent, elles sont regroupées. Lorsque l'association ne compte que deux à six ou sept membres, ce sont des étoiles multiples, où chacune orbite autour des autres. Quand il y a des groupes plus importants, de plusieurs centaines, ce sont des amas stellaires.

L'un des plus célèbres est certainement l'amas des Pléiades. On peut l'observer de l'automne au printemps, dans la constellation du Taureau, et ce à l'œil nu, sans l'aide d'un instrument. Les anciens l'avaient déjà remarqué. Les Chinois, plus de 2300 ans avant notre ère, le mentionnent. On en trouve la trace dans les récits des civilisations chaldéenne, hindoue, grecque, romaine, maya ou aztèque. Homère et Hésiode le citent, ainsi que la Bible.

Une bonne vue permet de distinguer sept étoiles et c'est pourquoi les anciens y virent les sept filles d'Atlas et de Pléione. Ils donnèrent ainsi à chaque étoile le nom des filles mythologiques : Alcyone, Electre, Maïa, Mérope, Taygète, Celno et Astérope. En fait, cet amas compte plus de sept étoiles et peut constituer un bon test de vision puisqu'une vue exceptionnelle arrive à distinguer 11 étoiles. Le premier à atteindre ce record fut le tuteur de Képler, Maestling, qui en publia une carte en 1579. Quelques dizaines d'années plus tard, en 1610, Galilée, avec sa lunette, portait le nombre à 36. Hooke, utilisant un télescope de 5 cm de diamètre, modeste instrument d'amateur de nos jours, en distingua 76. Max Wolf, avec l'astrographe de l'Observatoire de Paris, identifia plus de 600 étoiles faisant partie de l'amas, en 1876. Les photographies les plus récentes permettent d'en dénombrer près de 2 000 !



La fonction de luminosité d'un amas : la répartition en magnitude est groupée, car toutes les étoiles sont à peu près à la même distance...



... Dans un champ stellaire quelconque : le nombre d'étoiles croît avec la magnitude, ce qui s'explique par une répartition aléatoire des distances.

**Deux types d'amas.** En fait, l'amas des Pléiades est le chef de file d'une catégorie, celle des amas ouverts ou encore amas galactiques. Ils sont caractérisés par une forme générale irrégulière, un nombre d'étoiles maximum de l'ordre de quelques milliers et une dispersion des étoiles les constituant assez importante, pouvant atteindre une centaine d'années-lumière. Visuellement, dans un instrument, les amas ouverts, s'ils se démarquent du champ stellaire environnant par une concentration plus marquée, n'en donnent pas moins l'impression d'être assez dispersés.

Les amas ouverts sont dits galactiques car ils se trouvent majoritairement situés dans le plan équatorial de notre galaxie et plus particulièrement dans les bras spiraux. On en dénombre plus d'un millier mais on pense qu'ils sont beaucoup plus nombreux, peut-être de l'ordre de 15 à 20 000. Les amas ouverts sont constitués par des étoiles jeunes, toutes nées d'une même nébuleuse primitive. En fait, cette jeunesse s'explique par la dynamique de l'amas ; chaque étoile possède son mouvement propre et celui-ci dépend des forces de gravitation des autres étoiles de l'amas. Deux forces sont en présence : la force de gravitation des membres de l'amas, qui tend à regrouper les étoiles, et la force de marée de la galaxie, qui, au contraire, tend à les disperser. Pour que l'ensemble soit stable, il faut que la densité de l'amas soit supérieure à une étoile pour 10 parcecs-cube. Rappelons au passage que le parsec est une unité de mesure astronomique qui vaut 3,26 années-lumière. Si la densité est inférieure à cette valeur, au bout d'un certain temps l'amas sera dispersé. C'est, par exemple, le cas de l'amas des Hyades, toujours dans la constellation du Taureau, qui se dilue peu à peu. Au fil des millénaires, on peut penser que les amas ouverts les plus anciens ont ainsi disparu et c'est la raison pour laquelle nous n'observons que des amas ouverts jeunes.

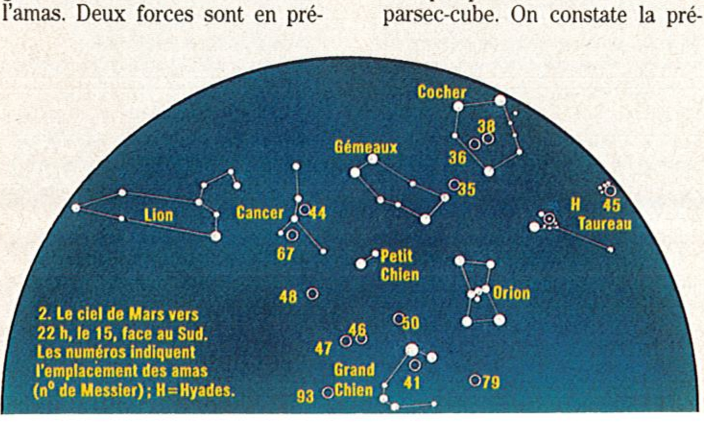
L'autre catégorie regroupe les amas globulaires. Ce nom décrit parfaitement leur aspect visuel car ils ressemblent à un essaim d'abeilles, de forme presque parfaitement sphérique.

Un amas globulaire rassemble entre cent mille et un milion d'étoiles, dont le nombre augmente du bord vers le centre, jusqu'à atteindre quelques milliers d'étoiles au parsec-cube. On constate la présence d'amas globulaires dans toutes les galaxies. Dans la nôtre, ils sont répartis dans une sphère de 200 000 années-lumière de diamètre, dont le centre se confond avec celui de la Galaxie ; c'est dire qu'ils sont relativement éloignés, puisque notre galaxie mesure environ 150 000 années-lumière de diamètre. Cet éloignement explique la forte concentration en étoiles de ces amas car les forces de marée, qui tendent à disperser les amas ouverts, sont dans le cas présent insensibles.

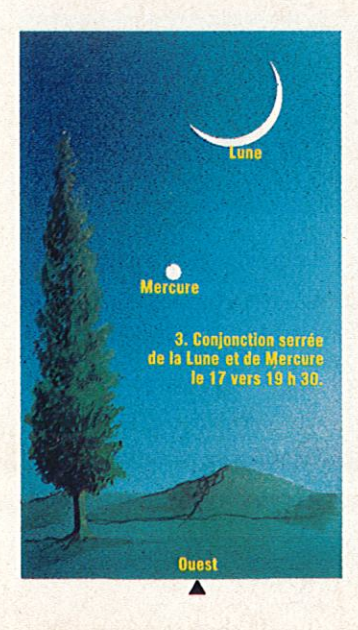
Les amas globulaires sont peu nombreux, environ deux cents, et sont très anciens. Agés en moyenne de dix à quinze milliards d'années, ils sont contemporains de la formation de notre galaxie et, ultimes vestiges de ce passé, ils intéressent fortement les astronomes professionnels.

**Classification des amas.** L'amateur qui, en vue d'une observation, consulte un catalogue d'amas, trouvera l'indication d'une classe. Cette classification, deux pour les amas ouverts et une pour les amas globulaires, donne de façon codée l'aspect de l'amas. La première classification des amas ouverts fut proposée au début de ce siècle par l'astronome américain Shapley, dont elle porte le nom. Elle a le mérite d'être simple et, à ce titre, a la faveur des amateurs.

La classification de Shapley caractérise la richesse de l'amas en



2. Le ciel de Mars vers 22 h, le 15, face au Sud. Les numéros indiquent l'emplacement des amas (n° de Messier) ; H = Hyades.



3. Conjonction serrée de la Lune et de Mercure le 17 vers 19 h 30.

étoiles par une lettre minuscule de c à g, selon les critères suivants:
c : très ouvert et irrégulier
d : ouvert et pauvre
e : moyennement riche
f : assez riche
g : considérablement riche et condensé.

Les professionnels n'utilisent plus cette classification, lui préférant celle dite de Trumpler, un autre astronome américain d'origine suisse, contemporain de Shapley. La classification de Trumpler est beaucoup plus précise et fait appel à un chiffre romain, qui traduit la concentration en étoiles, à un chifre de 1 à 3 pour la magnitude et à une lettre minuscule pour le nombre d'étoiles. La voici en détail:

- Concentration:
  I : détaché avec forte concentration centrale
  II : détaché avec petite concentration centrale
  III : détaché sans concentration centrale
  IV : mal détaché par rapport au champ environnant
- Luminosité:
  1 : toutes les étoiles ont à peu près la même magnitude
  2 : dispersion assez régulière des magnitudes
  3 : grande disparité des magnitudes
- Richesse:
  p : pauvre, moins de 50 étoiles
  m : moyen, entre 50 et 100 étoiles
  r : riche, plus d'une centaine d'étoiles.

A titre d'exemple, l'amas des Pléiades est classé c par Shapley, et II 3 r par Trumpler.

Pour les amas globulaires, la classification est beaucoup plus simple et nous la devons également à Shapley. Les amas portent un chiffre romain, de I à XII selon la concentration en étoiles. Les plus concentrés sont notés I, les moins concentrés XII.

**Détection et observation des amas.** La détection et l'identification d'un groupement d'étoiles comme amas est fort différente selon qu'il s'agit d'un amas globulaire ou ouvert. Pour un amas globulaire, il n'y a pas de doute possible, l'aspect même de l'amas enlève toute hésitation.

En ce qui concerne les amas ouverts le problème est différent. La dispersion des étoiles qui caratérise ce type d'amas peut amener à confondre un véritable amas avec un regroupement artificiel dû à un effet de perspective. Les astronomes procèdent alors à l'établissement de ce qu'on appelle la fonction de luminosité de l'amas. Cela consiste à compter le nombre d'étoiles par tranche de magnitude apparente. Si l'on est en présence d'un amas, le résultat porté sur un graphique fait apparaître un maximum puis une décroissance. Cela s'explique par le fait que toutes les étoiles appartenant à l'amas sont situées à peu près à la même distance de nous. Si, par contre, c'est un regroupement fortuit, on constate une augmentation constante du nombre d'étoiles au fur et à mesure que la magnitude augmente. Cela traduit la dispersion des étoiles à des distances très différentes dans l'espace. (***figure 1***).

Heureusement, l'amateur n'a pas besoin de se livrer à ce genre de mesure pour trouver les amas. Il lui suffit de se reporter aux catalogues qui les recensent avec toutes précisions sur leur position. Mais, à titre pédagogique, il n'est pas inintéressant de faire l'expérience sur les amas les plus spectaculaires. En ce qui concerne l'observation voici quelques conseils utiles.

Les amas ouverts les plus lumineux sont aussi les plus proches de nous. Leur diamètre apparent peut être assez important et il est possible que l'amas ne soit pas visible en entier dans le champ de vision d'une lunette ou d'un télescope. Dans ce cas, il faut recourir à une paire de jumelles de 50 à 80 mm de diamètre. C'est par exemple le cas des Pléiades, dont le diamètre atteint presque deux degrés! Si la taille d'un amas ouvert rend celui-ci observable avec un instrument, on utilisera de toute façon le plus faible grossissement possible afin de bénéficier du champ le plus large et de la luminosité maximale.

Les amas globulaires sont de petite dimension apparente par rapport aux précédents. On emploiera d'abord un faible grossissement pour localiser l'objet et le centrer dans le champ d'observation. Ensuite, il faudra l'augmenter pour distinguer la forme de l'amas et commencer à "résoudre" les étoiles, ce qui signifie séparer les étoiles qui le composent. Cette résolution, ou séparation d'un amas, est, bien entendu, fonction du diamètre de l'instrument. En fait, avec une centaine de millimètres de diamètre, les amas globulaires ont un aspect granuleux. C'est à partir de 150 mm que la résolution s'amorce et à partir de 200 mm que le spectacle devient féérique.

**Les amas de printemps.** Le ciel de printemps nous offre une collection des plus beaux amas ouverts observables par les amateurs. Nous avons sélectionné les principaux, visibles en première partie de nuit vers le Sud. La carte (***figure 2***) indique leur emplacement approximatif; on se réfèrera à un catalogue et un atlas détaillés pour plus de précision, ainsi que pour en découvrir bien d'autres. Dans l'énumération qui suit, les numéros sont ceux du catalogue de Messier. Nous donnons également la position en ascension droite (AD) et en déclinaison (D), la magnitude (M) et le diamètre apparent (d).

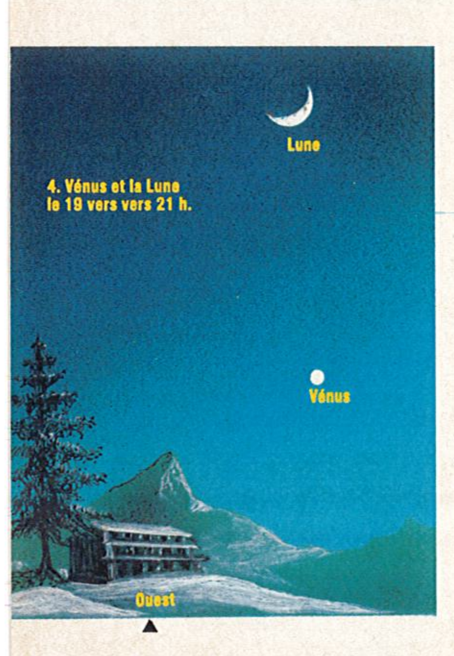
Constellation du Taureau:

- M 45, dit les Péiades, AD = 3 h 47, D = 24° 06, M = 1,4, d = 2°.

L'un des plus beaux et des plus célèbres amas ouverts. Le spectacle aux jumelles est fabuleux; avec un instrument, on détaille l'amas morceau par morceau.

- H, dit les Hyades. AD = 4 h 16, D = 15° 31, M = 0,8, d = 5,5°.

Encore plus étendu que les Pléiades, l'amas ouvert des Hyades



ne prend sa valeur que dans une paire de jumelles.

Le Cocher :

• M 36. AD = 5 h 36, D = 34° 08, M 6,3, D = 12'

Cet amas ouvert contient plus de 70 étoiles de magnitude 8,7 ou plus brillantes. Il se disperse en deux bras en V. En augmentant un peu le grossissement, on peut observer une concentration centrale marquée.

• M 38. AD = 5 h 28, D = 35°, M = 7,4, d = 20'

Moins riche que le précédent, on remarque toutefois que les étoiles se répartissent en quatre bras qui partent d'une condensation centrale plus faible.

Les Gémeaux :

• M 35. AD = 6 h 08, D = 24° 20, M = 5,3, d = 40'

Très bel amas, qu'on peut repérer à l'œil nu si l'on est situé hors des lumières parasites.

Le Grand Chien :

• M 41. AD = 6 h 47, D = 20°44, M = 5, d = 30'

Egalement visible à l'œil nu dans de bonnes conditions, on le trouvera juste en dessous de Sirius. Sa forme ronde est assez régulière. Un télescope de 150 mm permet d'observer et de résoudre toutes les étoiles de cet amas ouvert, aussi étendu que la pleine lune.

La Licorne, au-dessus du Grand Chien :

• M 50. Ad = 7 h 03, D = −8°20, M = 6,9, d = 16'.

Le repérage de l'amas s'effectue en partant de Sirius. Les petits instruments, 70 à 100 mm, en donnent une vue superbe.

Le Cancer :

• M 44. AD = 8 h 40, D = 20°, M = 3,7, d = 1°35'

Encore un amas repérable à l'œil nu ; des jumelles en permettent la localisation en banlieue. Régulièrement dispersé, ce sont les jumelles qui en donnent la meilleure vue.

• M 67. AD = 8 h 51, D = 11°50, M = 9,2, d = 24'

Il faudra utiliser les coordonnées de l'amas pour le localiser car il n'y a pas d'étoiles brillantes à proximité. Constitué d'étoiles faibles, il faut recourir à des télescopes de 200 mm pour l'apprécier et, dans ce cas, on utilisera un oculaire grand champ.

• M 47. AD = 7 h 36, D = −14°28, M = 4,5, d = 25'

Théoriquement visible à l'œil nu, il faut cependant une paire de jumelles ou le chercheur pour le trouver car il est toujours assez bas sur l'horizon dans nos régions.

• M 48. AD = 8 h 13, D = −5°47, M = 5,3, d = 30'

Le chercheur permet déjà de noter une belle concentration stellaire. Assez étendu, il ne faut pas utiliser un grossissement trop fort, sous peine de le voir disparaître.

• M 93. AD = 7 h 44, D = −23°52, M = 6, d = 25'

Constitué d'environ 60 étoiles de magnitude 8 à 12, une lunette de 90 mm permet d'en repérer une quarantaine.

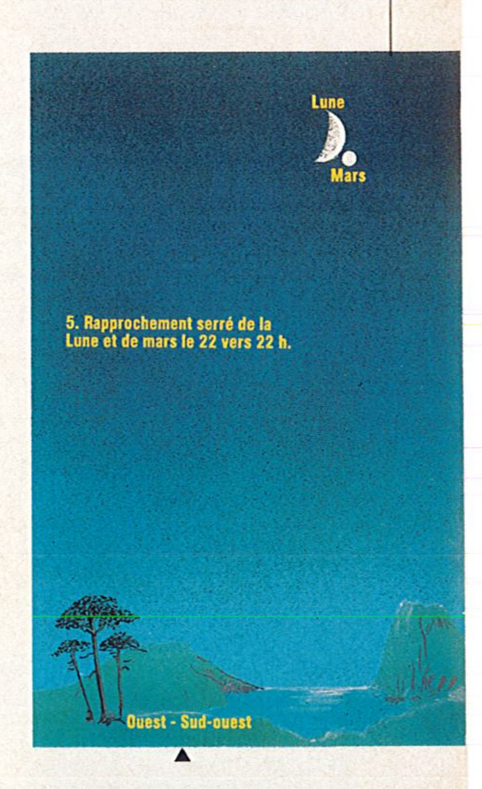
Le Lièvre sous Orion :

• M 79. AD = 5 h 24, D = −24°30, M = 8,4, d = 3,2'

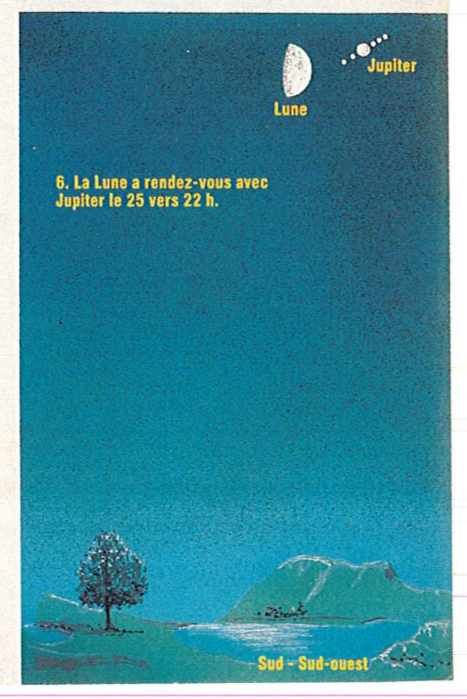
Unique amas globulaire de notre sélection. Le télescope de 100 mm permet de noter une condensation centrale brillante. Avec un 200 mm, cet amas révèle toute sa majesté.

**Les observations du mois.** La Lune offrira mince croissant et lumière cendrée du 13 au 15 le matin vers l'Est et du 17 au 19 le soir vers l'Ouest. A signaler le premier quartier du 23 qui bénéficiera d'une déclinaison élevée de l'astre des nuits. L'occasion d'avoir de bonnes images du relief lunaire, avec une Lune qui culminera à plus de 60° durant cette période.

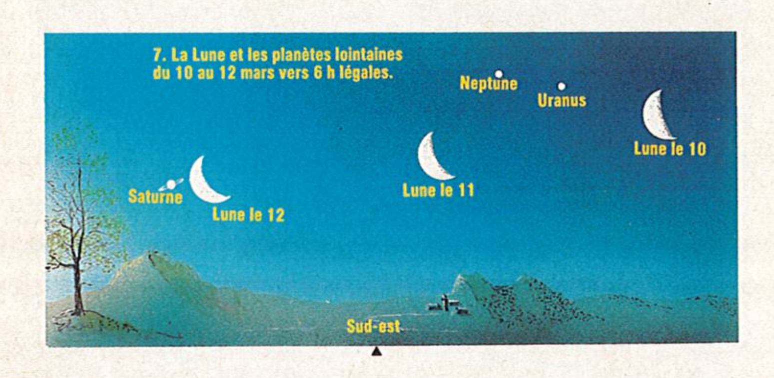
Mercure, en conjonction inférieure avec le Soleil, est alors mal située pour être correctement observée. Les conditions s'améliorent



5. Rapprochement serré de la Lune et de mars le 22 vers 22 h.



6. La Lune a rendez-vous avec Jupiter le 25 vers 22 h.



7. La Lune et les planètes lointaines du 10 au 12 mars vers 6 h légales.

au fur et à mesure qu'on se rapproche de la fin du mois. On pourra toutefois tenter son repérage à l'occasion de sa conjonction avec la Lune le 17, peu après le coucher du Soleil. (*Figure 3*).

Vénus est bien visible dans le ciel couchant et jusqu'à deux à trois heures après le coucher du Soleil, vers l'Ouest. Sa conjonction avec la Lune se produit deux jours après celle de Mercure, soit le 19. (*Figure 4*).

Mars a rendez-vous avec la Lune le 22, en première partie de nuit. (Figure 5 ). La planète rouge est toujours bien visible jusque bien après minuit, mais son éloignement à la Terre s'accroît et son diamètre apparent de 7 secondes d'arc ne permet pas d'apercevoir de détails en surface.

Jupiter passe au méridien sud vers 22 heures locales. Elle est alors en position optimale pour être observée. Elle reste visible jusqu'au petit matin. Sa conjonction avec la Lune a lieu vers 22 heures le 25. (*Figure 6*).

C'est au début du mois, du 10 au 12, qu'un croissant de lune sera en conjonction avec les trois planètes lointaines, Saturne, Uranus et Neptune. A rechercher une heure avant le lever du Soleil vers le Sud-Est. (*Figure 7*).

Attention, c'est dans la nuit du samedi 30 au dimanche 31 qu'aura lieu le passage à l'heure d'été. Il faudra avancer montres et pendules d'une heure, ce qui, pour les astronomes amateurs, aura pour conséquence de repousser d'autant la fin du crépuscule astronomique.

Cette précaution étant prise, on assistera à une belle occultation d'Antarès du Scorpion le 4 avril. Voici, en heure légale d'été, les phases du phénomène pour différentes villes en France.

Paris : immersion 4 h 10, émersion 5 h 10

Bordeaux : immersion 4 h 09, émersion 4 h 58

Nice : immersion 4 h 18, émersion 5 h 16

Grenoble : immersion 4 h 15, émersion 5 h 14

Toulouse : immersion 4 h 12, émersion 5 h 02.

**Yves Delaye**

---

Un bon atlas-catalogue pour repérer les amas stellaires : Handbook of Constellations, en vente à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris, prix spécial pour les lecteurs de *Science & Vie* : 300 F + 20 F de port.

# Le bulletin réponse idéal

**JEUX MATHÉMATIQUES**

Vous êtes nombreux à avoir participé aux éliminatoires du 5e Championnat des jeux mathématiques. Vous trouverez donc ci-dessous le bulletin-réponse idéal. Seul vrai piège : les deux solutions du jeu intitulé "Le pantalon d'Achille".

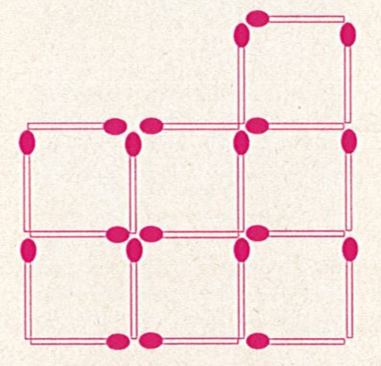
Pour savoir rapidement si vous êtes qualifié pour les demi-finales du 16 mars, vous pouvez consulter le Minitel (code 36 15 Jeulogic), mais chaque demi-finaliste recevra une convocation. La barre de qualification GP (Grand Public) devrait se situer aux alentours de 5 bonnes réponses sur 8.

Pour disposer des solutions complètes de ces éliminatoires, vous pouvez attendre la parution des annales du championnat, en octobre prochain. Vous pouvez aussi vous procurer la cassette vidéo consacrée au magazine télévisé sur les mathématiques, Tangente, récemment diffusé sur FR 3. Elle est accompagnée d'un livret de 52 pages, développant tous les sujets abordés dans l'émission, et donnant les solutions complètes des jeux éliminatoires du championnat. Vous pourrez obtenir tous les renseignements sur 36 15 Jeulogic, ou en vous adressant à la FFJM (31 av. des Gobelins, 75013 Paris, tél. (1) 47 07 51 15).

Des quarts de finale avaient lieu dans les établissements scolaires. Certains étaient "ouverts" et les sujets largement diffusés. En revanche, d'autres étaient fermés. Voici donc, pour la première fois publiés, quelques-uns de ces problèmes. Vous les trouverez peut-être faciles, mais n'oubliez pas qu'ils étaient posés en temps limité à des collégiens.

### Jouez avec les allumettes !

Ces vingt allumettes forment sept carrés unité. Quel est le nombre minimum d'allumettes qu'il faut déplacer de manière à ne plus avoir que cinq carrés unité ? Chaque allumette doit appartenir à un carré (au moins). Deux allumettes ne doivent pas être superposées. Vous dessinerez la position finale en repassant les allumettes à l'aide d'un feutre épais.



### Les tickets chics

Pour un spectacle, un organisateur de soirées a acheté 60 billets pour les clients de son agence. Il existe plusieurs sortes de billets : les rouges à 500 F, les verts à 300 F et les jaunes à 200 F. L'organisateur achète au moins trois billets de chaque sorte et paie 28 000 F en tout. Combien a-t-il acheté de billets de chaque sorte ?

**Gilles Cohen**

5e Championnat international de France
des jeux mathématiques et logiques
**BULLETIN-RÉPONSE IDÉAL**

| RÉPONSES | | Votre ou vos solutions : |
|---|---|---|
| 1 | Combien d'éléments ? | 23 |
| 2 | Combien d'avions ? | 210 |
| 3 | Combien d'écus ? | 17 |
| 4 | Combien de régions ? | 5 051 |
| 5 | Longueur du trajet ? | 4 800 m |
| 6 | Combien de croisements ? | 10 |
| 7 | Prix du pantalon ? | 638 F ou 29 F |
| 8 | Capacité du verre ? | 229 ml |




ABONNEZ-VOUS A SCIENCE & VIE JUNIOR

**Chaque mois, SCIENCE & VIE JUNIOR vous fait vivre en direct et en couleur les dernières nouvelles de la planète. Avec SCIENCE & VIE JUNIOR, vous explorez les avancées des sciences et des techniques, vous participez à la grande aventure scientifique et vous en découvrez les exploits les plus ahurissants.**

## BULLETIN D'ABONNEMENT

**à retourner avec votre règlement
à SCIENCE & VIE JUNIOR
1, rue du Colonel Pierre Avia
75503 PARIS CEDEX 15**

**OUI** CE1S ☐ (cochez SVP) Je m'abonne pour 1 an - 11 N^os à SCIENCE & VIE JUNIOR 200 F au lieu de 244 F*

**OUI** CE1K ☐ (cochez SVP) Je m'abonne pour 1 an - 11 N^os + 4 HORS SÉRIE à SCIENCE & VIE JUNIOR 289 F au lieu de 364 F*

*Prix de vente au numéro.

- Ci-joint mon règlement par chèque à l'ordre de SCIENCE & VIE JUNIOR-BRED.

NOM ____________

PRÉNOM ____________

ADRESSE ____________

____________

____________

CODE POSTAL ____________

VILLE ____________

____________

DATE DE NAISSANCE ____________

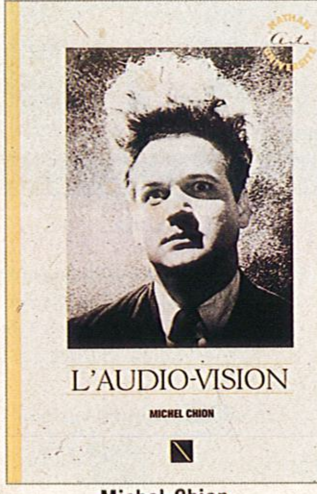
SIGNATURE*

OFFRE RESERVEE A LA FRANCE METROPOLITAINE

RC PARIS B 572 134 773

SV 882

# LIVRES




Michel Chion

## L'audio-vision

*Nathan, 192 p., 120 F.*

Compositeur de musique concrète et chercheur, l'auteur présente le bilan de plus de quinze ans de travaux sur les rapports du son et de l'image.

Alors que les théoriciens du cinéma et de la télévision négligeaient jusqu'ici le son, ou bien le traitaient comme un élément complémentaire de l'image, donc mineur, Michel Chion montre qu'il existe une intercontamination de ces composantes : « on ne "voit" pas la même chose quand on entend ; on n'"entend" pas la même chose quand on voit. » Cela le conduit à un nouveau concept, celui d'une perception spécifique, l'"audio-vision".

**Roger Bellone**

## Dormir

*Autrement n° 119, 95 F.*

*Autrement* est une revue qui trouva son public dès ses premiers numéros en raison d'un certain nombre de qualités : une liberté de ton dans le traitement de certains sujets, qui tranchait (et tranche toujours) avec la componction habituelle d'autres publications, la qualité des informations et la lisibilité littéraire et technique.

Signalons le n° 119, qui est donc intitulé "Dormir". Dans ce numéro, on trouve en effet, dans pas moins de trente-deux articles, des vues et des informations originales sur les aspects culturels, psychologiques et médicaux du sommeil.

**Gerald Messadié**

Isaac Asimov

## Frontières

*Acropole, 398 p., 128 F.*

L'ouvrage est sous-titré : "les plus récentes découvertes de la science sur l'homme, la Terre, l'Univers". Récentes, c'est dire : la diffraction des rayons X, qui fait l'objet d'un chapitre, fut découverte en 1912, le cœlacanthe, qui fait l'objet d'un autre, fut découvert en 1938. Mais ne chipotons pas : le talent d'Asimov est remarquable, son information à peu près parfaite, en tous cas encyclopédique ; on lit sans peine et l'on passe volontiers l'ouvrage à d'autres en l'accompagnant d'éloges.

On apprend sans douleur des multitudes de choses qui contredisent ce qu'on croyait savoir : que ce n'est sans doute pas à l'île San Salvador des Bahamas qu'aborda Colomb au terme de sa traversée, et que le plus gros oiseau volant est, non pas l'aigle, mais l'outarde de Kori, qui est africaine (20 kg !).

Asimov laisse le mieux voir son beau pelage de rêveur spatial quand il parle du cosmos : les pages sur la comète de Halley, Phobos, Chiron, les diamants de l'espace, comptent parmi les meilleures.

Un livre qu'on est sûr de ne pas garder longtemps, car il sera vite emprunté.

Sous la direction de Michel Callon et Bruno Latour

## La science telle qu'elle se fait

*La Découverte, 391 p., 160 F.*

Ce livre est très original : c'est sans doute le premier en langue française qui ramène l'épistémologie française au rang de théorie. Reprochant à cette discipline, telle qu'elle est pratiquée en France, de « tout ignorer du fonctionnement technique et social des sciences », ses auteurs-directeurs ont entrepris de raconter, en quelques exemples, les dessous de la formation d'une idée scientifique qui s'imposera au public.

Une idée scientifique, contrairement à ce qu'on croit, ne naît pas grâce à la séduction froide de la vérité qui lève sa torche au-dessus des erreurs : le plus souvent, elle naît parce que M. Untel, chercheur, a du prestige, du pouvoir et des amis qui lui assureront des crédits. On l'a bien vu (mais ce n'est pas dans le livre) dans l'affaire du Sida, quand le "grand" Robert Gallo, Américain et bénéficiant d'un pouvoir formidable, fit placer en fin de séance la communication du "petit" Luc Montagnier, ridicule Français qui avait le toupet de ne pas être d'accord avec lui sur l'identité du virus responsable et, de la sorte, de mettre en cause l'absolue, immanente et magnifique prépondérance de la science américaine. N'eût été la ténacité "teigneuse" de Montagnier (et aussi les excès d'arrogance de Gallo), on eût cru pendant longtemps que le virus en cause était l'HTLV et non l'HIV et l'on aurait perdu encore plus de temps à mettre en route des remèdes.

La science, dans cette affaire, était manifestement écrasée par le social et le politique.

Inspirés par le pragmatisme qui leur est naturel, les Anglo-Saxons s'attachent à détailler aussi, quand ils racontent une découverte ou une invention, les péripéties professionnelles, sociales, voire politiques des chercheurs. Callon et Latour publient donc sept études de ce type, dont plusieurs sont assez cocasses (par exemple, le débat entre Pasteur et Pouchet sur la génération spontanée et l'aspect sociologique (oui, oui !) de la détection des ondes gravitationnelles.

Adressons mille louanges aux auteurs pour ce travail de grand mérite, mais regrettons qu'ils aient jugé bon d'inclure, dans les essais illustratifs, celui qui a trait à l'hostilité présumée de la communauté scientifique à l'égard de la parapsychologie. Il ne fait appel qu'à des assertions de parapsychologues, dont l'objectivité, en l'occurrence, laisse sceptique. Il est certain que les scientifiques sont hostiles à la parapsychologie, mais ce n'est pas pour des raisons sociales ou politiques : c'est simplement que les dossiers en sont vides.

## Alliage n° 5 et 6

*Revue trimestrielle, 78 route de Saint-Pierre-de-Féric, 06000 Nice, 69 F.*

Revue dévolue à la culture, la science et la technique, *Alliage* en est à son sixième numéro. Dirigée par l'éminent physicien et mauvais esprit louable qu'est Jean-Marc Lévy-Leblond, elle en porte aussi l'empreinte : presque tous les articles que nous y avons lus sont empreints de la volonté de dégonflage de toutes baudruches, fussent-elles volumineuse. Ces opuscules ne sont donc pas à conseiller aux ennemis du persiflage.

Mais cette revue s'en prend aussi à de bien modestes tâcherons. C'est ainsi que, dans "Vulgarisation et pensée stratégique", Pierre Fayard taxe les journalistes scientifiques d'un "sentiment de supériorité écrasante" (ce qui est un peu, voire très excessif), et que, dans "Le chercheur, le philosophe et la psychasthénie", Michel Bitbol estime que « les sciences sont une "vue de nulle part", un discours sans point de vue », et trouve que leur fonction de libération est pesante. Propos qu'on n'appréciera qu'à la condition de garder sans cesse présent en mémoire que ce sont là des provocations. Il passe à travers un certain nombre de penseurs actuels un courant de rébellion contre le rationalisme et les disciplines ordinaires de la pensée dont on retrouve ici les vibrations.

On résistera mal au rire à la lecture de la parodie de récit de l'invention du vol, "De Dédale à Clément Ader", par Jean-Pierre Adam, qui vaut son pesant de Desproges, par exemple. La "Chronique du savant flou" entretiendra à coup sûr le sourire.

Du point de vue strictement sérieux, on trouvera matière à réflexion dans l'article, ou plutôt plaidoyer, de Rolf Dobertin, le savant est-allemand, condamné en France en 1990 pour intelligence avec un pays étranger.

Idem pour l'analyse serrée (et par ailleurs très critique) des positions d'un quotidien du soir sur un problème contemporain ("*Le Monde* et la procréation médiatiquement assistée"), de Joachim Marcus Steiff.

Peut-être n'est-il pas tout à fait certain que tous les auteurs échappent aux travers de l'élégance telle qu'on la conçoit aujourd'hui et à certains poncifs qui risquent, demain, de faire figure de guêtres. Mais enfin, l'impertinence générale est salutaire parce qu'elle oblige à la réflexion, fût-elle parfois contrariante.

**Eddi Lanners**

## Le livre des illusions

*Acropole, 156 p., 148 F*

En recensant les illusions de toutes sortes, depuis les illusions d'optique les plus banales jusqu'aux rêves et aux phantasmes, en passant par les dessins en trompe-l'œil, les jeux de miroirs, les perspectives photographiques, les trucages cinématographiques, les effets du mouvement, les déformations de la pensée, le mensonge, etc. Le livre apparaît d'abord comme un divertissement pour amateurs de magie, d'énigmes, d'anachronismes et, plus généralement, de sciences inexactes.

Mais l'investigation est profonde et l'inventaire des plus larges, puisant autant dans les arts et la littérature que dans l'histoire, dans les religions et dans les sciences ; et l'ouvrage montre très vite que l'illusion est un phénomène global qui n'établit que peu de frontières entre l'authentique et le falsifié, la vérité et l'erreur ou la tromperie. Ainsi, l'image que nous nous faisons du monde qui nous entoure n'est-elle que « subjective, purement humaine et par là limitée. L'image qu'en a une abeille, un chien ou un oiseau est complètement différente ».

Progressivement, le livre invite à la réflexion. « L'illusion n'est-elle qu'une représentation superficielle du monde ou bien une manière rassurante de se tromper soi-même au lieu de regarder froidement les faits ? »

Plusieurs centaines de dessins et de photos viennent à l'appui des textes. On peut seulement regretter la médiocre lisibilité de certains d'entre eux, trop petits et mal imprimés, ainsi que l'absence de couleur, ne serait-ce que pour illustrer les illusions produites précisément par les couleurs.

Mais que ce choix de l'éditeur, qui procède probablement de motifs économiques, n'incite pas à bouder l'immense plaisir que procure l'ouvrage.

**R. B.**

**Catherine Louboutin**

## Au Néolithique : les premiers paysans du monde

*Découvertes Gallimard, 176 p, 71 F.*

Le néolithique n'est pas une période de l'histoire de l'humanité, mais un stade de civilisation marqué par un mode de vie social et économique totalement nouveau : les hommes commencent à produire eux-mêmes leur nourriture, inventent la céramique et le polissage de la pierre, élaborent des croyances et des cultes associés au monde agricole naissant. Comme le veut la tradition de clarté de la collection Découvertes, cette définition est donnée en tête de l'ouvrage, ce qui en facilite beaucoup la compréhension.

Apparu entre −10 000 et −6 000 ans au Proche-Orient, le néolithique gagne progressivement l'Europe, jusqu'à l'Atlantique, entre −4 500 à −4 000 ans. C'est ainsi qu'on apprend que les premières traces de culture des céréales sont apparues à Mureybet, en Syrie, que le chien, domestiqué sans doute à la fin du paléolithique, apparaît déjà comme un compagnon de l'homme, que la chèvre, le mouton, le cochon et le bœuf ne sont, eux, domestiqués qu'à partir du VII[e] millénaire. Puis apparaissent les premiers villages, avec une grande diversité de techniques de construction des habitations : en Orient, murs en briques crues ; en Europe, recours au torchis. La maison typique du néolithique est quadrangulaire, dos au vent, avec entrée à l'est ou au sud, s'ouvrant sur une cuisine et une pièce principale.

On apprendra beaucoup d'autres choses encore. On aurait cependant aimé connaître le développement du néolithique dans les autres parties du monde, afin de pouvoir établir des comparaisons. Espérons qu'il fera l'objet d'un autre livre.

**Pierre Rossion**

**Daniel Reyss**

## Dans la nuit des abysses Au fond des océans

*Découvertes Gallimard, 144 p., 64 F.*

Si la conquête de l'espace et de l'univers est aujourd'hui assez populaire, celle du fond des océans reste méconnue. Pourtant, les deux tiers des grandes profondeurs marines sont encore secrets et leur exploration est un vieux rêve de l'humanité que la technologie moderne facilite et qui se développe depuis un demi-siècle.

Dans un livre savamment mis en page et abondamment illustré en couleurs, Daniel Reyss raconte cette fabuleuse aventure, depuis Hérodote décrivant la plongée des combattants de Salamine pour couper les amarres des navires perses du roi Xerxès, jusqu'aux *Nautile*, *Cyana* et *Shinkai*, sous-marins qui, dès la fin des années 1980, étaient capables de plonger à 6 000 m.

En six chapitres, il retrace l'histoire des hommes et des techniques de l'exploration sous-marine : les cloches de plongée ; les expéditions des naturalistes et des premiers océanologues ; Picard, le professeur Tournesol ; le bathyscaphe et les records de plongées dans les années 1950 ; le programme FAMOUS (French American Mid Ocean Undersea Survey) des années 1970 ; l'exploration moderne.

Cet excellent petit livre s'achève par la présentation de témoignages et de documents, notamment avec des textes de Benoit de Maillet (Telliamed 1755, décrivant une lanterne de plongée) et Jules Verne (Vingt mille lieux sous les mers).

**R. B.**

**Jean-Paul Thomas**

## Misère de la bioéthique

*Albin Michel, 310 p., 98 F.*

Ouvrage intéressant, en ce qu'il porte sur les limites impondérables des interventions biologiques dans les processus de la vie. Des limites impondérables parce qu'elles sont dictées par la morale et que personne ne s'est mis d'accord sur leurs sources. C'est ainsi que l'Eglise interdit la fécondation artificielle d'une femme non mariée, que les autorités laïques sont em-

barrassées par les débordements de caractère purement lucratif que cette pratique (et notamment le statut de mère porteuse) impliquent. Ce n'est là qu'un exemple. Jean-Paul Thomas y apporte un sens de la nuance qui rend son livre très attachant. Avec une grande sérénité de ton, il expose tous les points de vue, y compris celui de Robert Badinter, pour lequel, dans le problème spécifique évoqué plus haut, il est vain de rappeler à tout propos qu'il est préférable pour un enfant d'avoir deux parents dans une société où le divorce est monnaie courante. Le caractère objectif et "œcuménique" de l'ouvrage en fait l'un des rares instruments de réflexion non normative et sans *a priori* disponibles sur le marché.

Quand on sait que la biologie peut déjà corriger le patrimoine génétique d'un individu, on est bien forcé de se dire qu'il doit y avoir des limites à ce pouvoir exorbitant, quasi divin.

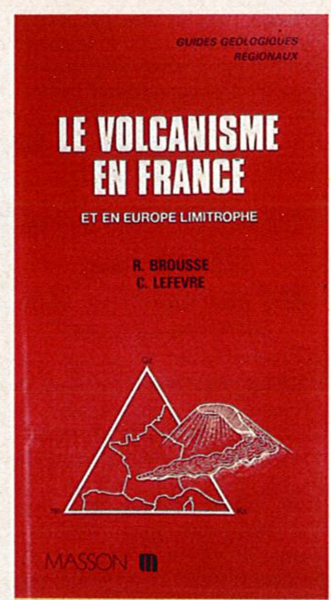
On hésite toutefois à louer l'auteur d'avoir évité un débat plus fondamental sur les origines de la morale. D'une part, certes, il risquait de s'engager dans des terrains trop vastes, donc vagues, et sa prudence lui permet de circonscrire son propos et de le rendre plus efficace. Mais d'autre part, il aurait été utile de préciser l'autorité sous laquelle il faudrait se placer pour assigner ses limites à la biologie. Personnellement, nous estimerions que l'évolution de la morale dans un sens contraire à des interdits autrefois catégoriques est un fait irréversible. Un exemple l'illustrera : quand l'anesthésie en obstétrique fut proposée en Grande-Bretagne, pour éviter aux femmes les douleurs de l'accouchement, les autorités de l'Eglise anglicane s'élevèrent avec vivacité contre cette éventualité, arguant du précepte biblique : « Tu enfanteras dans la douleur. » Pourtant, quand la reine Victoria, chef de la même Eglise, décida d'accoucher d'un de ses enfants sous anesthésie, l'interdit fut atténué et finit par disparaître. C'est-à-dire que, au moins dans une certaine mesure, les limites morales sont dictées par le bien-être de l'humanité et de la société. Reste donc à savoir où, dans une société, doit commencer l'autonomie et où doit finir l'égoïsme, et ce n'est pas là chose aisée. **G.M.**

**Ginette Bléry, André Herdoin**

## Les techniques de l'environnement 1991

*GRAP-Paris, 590 p., 740 F*

Contrairement à ce que peut suggérer son titre, l'ouvrage ne présente pas directement les techniques de l'environnement. Il s'agit essentiellement d'un annuaire des entreprises (plus de 2 500) et des personnes physiques (quelque 5 000) qui ont en France la charge de ces techniques et plus particulièrement du traitement des déchets (à l'exception de la protection de la nature et des industries axées sur la biologie végétale). Les recherches sont facilitées par deux index : entreprises par secteurs d'activité et mots clés. **R.B.**




Robert Brousse
et Christian Lefèvre

## Le volcanisme en France et en Europe limitrophe

*Masson, 264 p., 150 F.*

Guide thématique du volcanisme ancien et récent en France et dans les pays limitrophes, le livre propose dix-neuf itinéraires d'observation des manifestations volcaniques de notre région, depuis le précambrien (Massif armoricain) jusqu'à la période subactuelle (chaîne des Puys).

Les divers territoires sont analysés, site par site, en mettant l'accent sur les informations volcanologiques, pétrologiques et géodynamiques qu'ils apportent. Outre les superstructures (volcans, coulées, téphra), sont étudiées les racines du volcanisme (filons annulaires, plutons grenus).

L'ouvrage est largement illustré de schémas et de cartes décrivant le contexte géodynamique du volcanisme : volcanisme de subduction, collision entre deux plaques, volcanisme intraplaques, volcanisme océanique, etc.

Les auteurs se sont ainsi attachés à mentionner l'intérêt économique des régions et des matériaux rencontrés, de même qu'à citer les curiosités relevant des phénomènes volcaniques.

Pour faciliter les recherches du lecteur, les auteurs donnent *in fine* trois index : géographique, thématique et minéralogique, avec la formule chimique de chaque minéral.

Livre de travail destiné aux étudiants et aux enseignants, ce guide devrait aussi intéresser les amateurs de volcanologie, de minéralogie et de géographie. **R. B.**

Christopher Wills

## La sagesse des gènes

*Flammarion, 426 p., 179 F.*

La nécessité d'affiner le darwinisme, surnommée de façon excessive "crise", excite beaucoup les spécialistes. Félicitons-nous, toutefois, que le livre dont le titre est évoqué plus haut n'enfourche pas le dada de l'"échec du darwinisme", bien que l'auteur n'en soit certes pas non plus un partisan orthodoxe.

Wills rappelle la nature du conflit entre lamarckistes et darwinistes : les premiers croyaient à l'évolution, mais postulaient qu'elle se fît par la transmission des caractères acquis, alors que pour les seconds, elle se fit par la sélection des espèces les plus aptes. La transmission des caractères acquis, du moins telle que l'imaginait Lamarck, a été battue en brèche, mais le darwinisme cherche encore à établir une synthèse entre les différents modes de mutations qui ont été proposés par les spécialistes.

Wills admet avec les darwinistes qu'il y a bien eu évolution et qu'elle suit un parcours étroitement balisé. C'est donc qu'elle est programmée. Et son hypothèse est que les gènes possèdent une forme d'intelligence, qu'il qualifie "sagesse". Depuis que la vie est apparue sur Terre, les gènes auraient accumulé une "expérience" qui leur assurerait la survie. Les organismes qui auraient hérité les plus "sages" des gènes seraient devenus des experts de l'évolution, alors que ceux qui auraient hérité les moins doués auraient peu ou pas évolué.

Hypothèse à coup sûr intéressante, fondée sur un dossier scientifique que l'auteur expose avec compétence (il est professeur de biologie), et que sert un texte clair. **P. R.**

Signalons une intervention du Pr André Langaney, dans le Forum de ce numéro sur les positions de *Science & Vie* à l'égard de l'évolutionnisme.

Guy Fourré

## Pièges et curiosités des champignons

*Edité par l'auteur (152 rue Jean-Jaurès 79000 Niort), 284 p., 160 F (franco).*

## Dernières nouvelles des champignons

*Edité par l'auteur, 352 p., 190 F franco.*

Le premier titre est une réédition d'un manuel cher aux amateurs. L'auteur, Poitrinus pour les lecteurs du *Courrier de l'Ouest*, a nuancé certaines positions polémiques et amélioré l'illustration (le bolet de Dupin y a pris de meilleures couleurs). Des notes et paragraphes nouveaux justifient la réédition, mais on aurait souhaité une mise à jour plus fine sur la culture, la diversification et les nouveaux débouchés.

Le second ouvrage est particulièrement documenté sur la culture artisanale et industrielle. On y trouve quelques recettes de cuisine, et un mode d'emploi de la teinture à l'aide de champignons, qui permettent de colorer aussi bien la laine que les parquets. Une large part est consacrée à la pollution, mais il est difficile de se faire une opinion sur les conséquences de Tchernobyl. Certains semblent avoir analysé les matières fraîches (un champignon contient en moyenne 90 % d'eau), les autres, les matières sèches... Les résultats d'analyse varient donc du simple au décuple...

Une information sur les concours annuels de chiens truffiers : le dernier record de France a été battu en janvier 1990 par un chien de Cahors qui a trouvé 6 truffes en 55 secondes ! Des photos et de beaux dessins de Roland Sabatier. **Louis Delplanque**

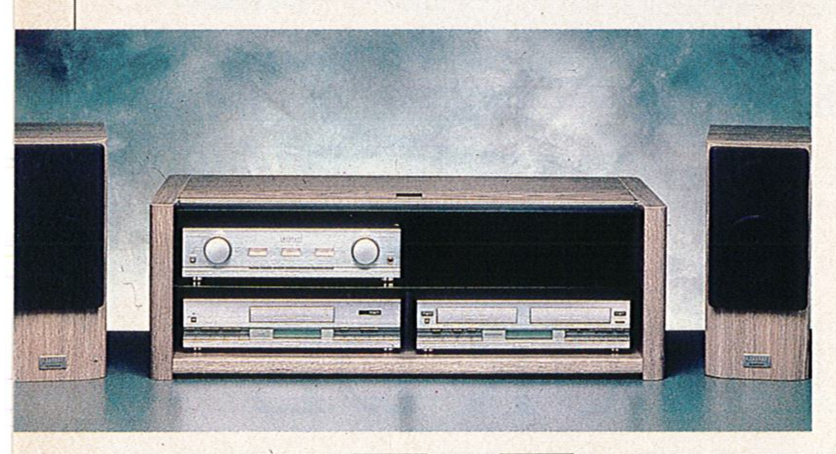
Denis Boutelier
& Dilip Subramanian

## Le grand bluff
## Pouvoir et argent dans la publicité

*Denoël, 384 p., 125 F.*

Dossier très indiscret, présenté sur le ton du reportage, et pas spécialement bienveillant, sur un secteur immense et influent des médias. **G.M.** ▲

# ECHOS DE LA VIE PRATIQUE



SON

## Hautes performances hi-fi pour une chaîne Midi

Distribuée par Setton/MDF, la chaîne Aquarelle de Pioneer réussit à conjuguer esthétisme et performances. Son amplificateur A J7 possède une puissance de 2 x 50 W pour une distorsion harmonique totale de 0,008 % et une bande passante de 20 à 20 000 Hz. La double platine cassette T J7 tient son originalité de ses deux tiroirs à cassette horizontaux, semblables à des lecteurs de disques compacts. Elle est dotée de réducteurs de bruit Dolby B, C et HX Pro, possède une bande passante de 20 à 20 000 Hz et un rapport signal/bruit de 77 dB avec cassette de type IV (métal).

Autre originalité : le syntoniseur (radio) et le lecteur de disque compact sont groupés dans une même unité : le FD J7. En ce qui concerne le syntoniseur, 24 stations sont programmables en FM, PO et GO et les circuits assurent une bande passante de 30 à 15 000 Hz avec un rapport signal/bruit de 78 dB ; côté lecteur de disque, un filtre numérique 18 bits à octuple suréchantillonnage et un stabilisateur de disque magnétique garantissent une qualité musicale optimale.

Les enceintes acoustiques S J7 à deux voies procurent une bande passante de 40 à 40 000 Hz et peuvent recevoir 130 W. Les caractéristiques de ces divers appareils sont significatives de la classe des véritables matériels de haute-fidélité. Ce qui est remarquable lorsqu'on sait qu'il s'agit d'une chaîne au format Midi (largeur : 36 cm). Le tout peut être télécommandé et coûte 13 990 F.

**Pour la première fois** depuis plus d'un demi-siècle, les collections de photographies anciennes des jardins Albert Kahn (14, rue du Port, 92100 Boulogne) sont ouvertes au public, avec une exposition de transparents (tirés essentiellement d'autochromes) sur le thème "L'Italie, aperçus de 1912 à 1925" (jusqu'au 15 mai 1991). A partir de juin, une autre présentation sera consacrée aux "Jardins de ville privés, 1890-1914".

PHOTO

## Affinement des films couleurs Scotch

Même si les films en couleurs produits par la firme américaine 3M ne portent que depuis quelques années la marque Scotch, leur histoire technologique est ancienne puisqu'il s'agit d'émulsions fabriquées à Ferrania (Italie) depuis près d'un demi-siècle, au début sous la marque Ferraniacolor, puis sous la marque 3M-Color lorsque la firme fut rachetée par 3M. C'est donc sur une longue expérience de l'émulsionnage que reposent ces productions, lesquelles bénéficient aujourd'hui d'une nouvelle technologie assurant un contrôle automatique de l'épaisseur des couches sensibles par laser. L'homogénéité du rendu des couleurs s'en trouve ainsi optimisée.




Ces films font par ailleurs appel aux matières les plus récentes entrant dans les fabrications des grains d'argent et des colorants (notamment colorants DIR). Une nouvelle gamme Scotch a donc été lancée :

- Scotchcolor 100, 200 et 400 (de 100, 200 et 400 ISO), négatifs pour tirages sur papier.
- Scotchchrome 100, 400, 640 T et 800/3 200 P (de 100 à 3 200 ISO), pour diapositives, le type 640 T étant destiné aux prises de vues avec des lampes tungstène (température de couleur : 3 200 K.)

PHOTO

# Une loupe pour diapositives

Visionneuse de poche, la loupe Macromax 5X EMO permet de voir des diapositives 24 x 36 sous cache 5 x 5 ou en bande avec un grossissement de 5 (ce qui est exceptionnel — les instruments de ce type procurant habituellement des grossissements de 2,5 à 4). Un dépoli assure une répartition homogène de la lumière derrière l'image. Ce dépoli étant escamotable, la loupe peut se transformer en compte-fils et permet alors l'observation des photos sur table lumineuse pour en apprécier les qualités. A cet effet, un système optique, corrigé et traité pour la couleur, comporte quatre lentilles en verre optique. L'oculaire est doté d'un réglage de + 2 à − 2 dioptries. Prix : 1 290 F (Leica, 106 bd Héloïse, 95100 Argenteuil).

VIDEO

# Un distributeur familial de programmes TV

Afin de transmettre des images vidéo de diverses origines sur des téléviseurs installés dans les pièces d'un appartement, la Compagnie générale de vidéotechnique vient de commercialiser le VAL 110, un distributeur de programmes à commutation automatique ou manuelle. Doté de deux prises Péritel, cet appareil est proposé en version SECAM (modèle 110 L) ou PAL (modèle 110 G). Il permet de sélectionner les réseaux câblés, de capter les satellites, de transmettre les enregistrements de magnétoscopes, camescopes et vidéodisques. Prix : 950 F (CGV, 8 rue Alexandre-Dumas, BP 11, 67033 Strasbourg Cedex).







AUDIO

# Un autoradio à télécommande infrarouge

Winstar, entreprise coréenne, produit 250 000 autoradios par mois. Le modèle WE 91, qui a remporté le premier prix "nouveautés" au dernier salon de l'électronique grand public de Séoul, présente deux dispositifs originaux qui sont l'affichage des paramètres d'écoute sur écran à cristaux liquides de grande dimension, multicolore, éclairé par un tube fluorescent, et la télécommande multi-fonction par infrarouges.

Ses caractéristiques sont les suivantes : puissance 4 x 25 watts, contrôle électronique du volume et de la balance, 3 gammes d'ondes (PO, GO, FM), 30 stations préréglables (18 en FM, 6 en GO, 6 en PO), balayage séquentiel des stations présélectionnées, recherche automatique et manuelle, circuit électronique d'absorption d'interférences, lecteur de cassette avec position "métal" et réducteur de bruit Dolby B, égaliseur électronique à 5 gammes de fréquences (60, 250, 1 000, 3 500 et 10 000 Hz) avec affichage graphique, entrée pour disque compact, tiroir antivol avec batterie rechargeable. Prix : 2 400 F.

PHOTO

# Zooms légers pour appareils Canon EOS




*Conçus pour fonctionner en mise au point automatique sur les reflex 24 × 36 Canon EOS, les deux nouveaux zooms de Tokina, 2,8-4,5 de 28-70 mm et 4 de 70-210 mm se caractérisent d'abord par leur compacité : 67 mm et 375 g pour le premier, 87 mm et 440 g pour le second. Tous les deux sont de type macro, le 28-70 mm assurant un rapport de reproduction 1 : 4,9, le 70-210 mm un rapport 1 : 5,1. Prix identiques : 2 290 F.*

INFORMATIQUE

# Un écran haute définition pour le dessin assisté par ordinateur



Un moniteur couleur de haute résolution C 216 AS, destiné aux applications graphiques, vient d'être lancé par la firme italienne Fimi, filiale de Philips. Doté d'un écran plat, à angles droits, de 21 pouces (53 cm) de diagonale et revêtu de triplets (rouge, vert, bleu) de 0,26 mm, il procure une définition de plus de 1,3 million de points par image (1280 x 1024 points). Compatible avec tous les standards graphiques à partir du VGA (VGA, Super VGA, Macintosh II, 8514/A), ce moniteur est conforme aux normes VDE et FCC, EMI/RFI catégorie B. Il possède une fréquence de balayage horizontal allant de 30 à 66 kHz (ajustement automatique) et une bande passante de 110 MHz. Prix : environ 25 900 F.

VIDEO

# Un magnétoscope adapté au montage

De mois en mois, les techniques professionnelles du montage vidéo sont mises à la portée des amateurs. C'est ainsi que JVC vient de lancer à leur intention le magnétoscope HR-D 960 MS. Tout y est conçu pour faciliter le montage en SECAM ou en PAL, par assemblage ou par insertion de séquences, avec un son stéréophonique haute-fidélité. Une molette de recherche autorise la sélection précise d'un plan. Utilisé en version monophonique, il permet le doublage du son. Les enchaînements de plans sont obtenus sans distorsions ni déchirures, et la possibilité de rechercher un plan tout en restant en position pause enregistrement accroît la souplesse d'utilisation.

Associé à un autre magnétoscope JVC, le HR-D 960 MS permet le montage double, avec une seule touche pour déclencher le départ simultané de deux appareils. Lorsque l'enregistrement se fait en PAL, le fondu au blanc est possible. Doté de quatre têtes vidéo montées sur un tambour stabilisant la bande, il autorise l'enregistrement en longue durée et des effets spéciaux sans parasites. L'alignement numérique, qui maintient automatiquement la bande en position parfaite sur les têtes, concourt à la qualité de l'image. Un système de recherche de bande non enregistrée permet de localiser la partie encore vierge et indique la durée d'enregistrement encore disponible. Prix : 7 990 F.




INFOGRAPHIE

# Pont jeté entre la vidéo et l'informatique graphique

Un seul appareil, le Portax Multividéo LMP-25, réunit désormais trois fonctions : la synchronisation et l'incrustation d'images en vidéo informatique, la correction vidéo et le codage-décodage PAL/SECAM compatible S-Vidéo (S-VHS et Hi-8). Ce processeur ouvre ainsi la voie à la création infographique en vidéo.

Le fonctionnement en PAL ou en SECAM est possible en entrée comme en sortie et ces standards couleurs, ainsi que ceux du S-Vidéo, peuvent être croisés à volonté.

La section de correction vidéo fait appel à des mémoires réglables. Pour obtenir une grande commodité d'utilisation, le LMP-25 gère l'ensemble de ses fonctions (mémorisation des préréglages, fonctions automatiques, affichage des erreurs de manipulation, programme de démonstration incorporé).

La mémoire centrale peut sauvegarder jusqu'à 10 groupes de réglages (lumière, contraste, saturation des couleurs, incrustations, fondus, etc.). De plus les préréglages peuvent être rappelés ou effacés.

Cette technologie, nouvelle pour un appareil vidéo, permet le traitement numérique des couleurs (rouge, vert, bleu), de la lumière, du contraste et de la saturation.

Des fondus audio et vidéo automatiques avec vitesse ajustable, le circuit d'amélioration du contour des images, font également partie des caractéristiques du processeur.

La fonction synchronisation-incrustation, enfin, est un moyen remarquable de création. Ainsi, lorsqu'un micro-ordinateur AMIGA ou ATARI STE y est connecté, et avec l'aide des logiciels graphiques courants, on peut par exemple titrer la vidéo ou y incruster des dessins et animations. Prix : environ 12 900 F.

VIDEO

# Un samouraï pour la photo magnétique

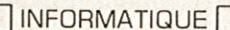
Kyocera a conçu un appareil de photo-vidéo, le Yashica Samouraï V-70 dérivé d'un camescope 8 mm, le Samouraï KX-90. Equipé d'un zoom 1 : 1,4 de 9 à 27 mm et d'un analyseur à transfert de charge de 360 000 points-image, il est entièrement automatique : mise au point (avec position macro à 11 cm), exposition (obturateur de 1/60 à 1/1 000 s), zoom électrique et flash. Il possède un retardateur et utilise des disquettes standard. Un écran à cristaux liquides affiche numéro, date et heure de prise de vue, ainsi que quelques informations : disquette chargée, flash sous tension, etc. La lecture sur téléviseur (NTSC) des images nécessite l'emploi d'un adaptateur. Le Samouraï V-70 peut être télécommandé par infrarouges. Il n'est pas encore commercialisé en Europe.




PHOTO

# Un compact panoramique

*Conçu par Minolta dans la gamme des appareils Riva, le Panorama permet d'enregistrer des images 13 × 36 mm sur film 35 mm standard. Doté d'un grand angulaire 4,5/24 mm à 5 lentilles, il embrasse un angle de 74° horizontalement et 30° verticalement. La mise au point automatique descend à 30 cm. Très petit, le Minolta Panorama pèse 170 g et mesure 11,4 × 6 × 3,3 cm. Comme tous les compacts modernes, il est automatique (entraînement, exposition, flash). L'alimentation est assurée par pile au lithium de 3 V.*




# Mini-imprimante couleur

Avec 50 cm de côté, l'imprimante couleur Phaser II SX de Tektronix est l'une des plus compactes réalisées à ce jour. Il s'agit d'une imprimante à transfert thermique : le support choisi (papier ciré, film) défile contre une barre dotée d'éléments chauffants, en même temps qu'un ruban imprégné des couleurs de base (jaune, magenta, cyan et noir). La chaleur transmise par ces éléments transfère la couleur avec une résolution de près de 10 points par millimètre. Le système sépare 16,7 millions de couleurs. Le débit d'impression atteint une page A4 par minute. Cette imprimante est utilisable avec les logiciels Windows 3.0 sur IBM, PC, PS et compatibles, ainsi que Quickdraw 32 bits sur Macintosh. Prix : environ 53 000 F.

TELEVISION

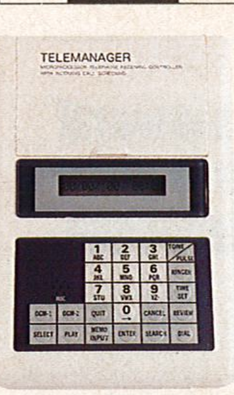
# Une antenne intérieure pour capter les émissions D2-MAC satellites




Voici une formule simple pour la réception des programmes D2-MAC Paquet transitant par les satellites TDF 1 et 2 (La Sept, Canal Plus, premières émissions d'Antenne 2, Euromusique) : une antenne compacte (HD Compact Tonna) qu'on peut poser sur un meuble devant une fenêtre ou sur un balcon. Mesurant 31 x 38 cm, elle couvre une bande de 11,7 à 12,5 GHz, procure un gain de 34,2 dB à 12,1 GHz et couvre un angle de 3,5°. Il importe, bien sûr, que la fenêtre ou le balcon soit sensiblement sud-sud-ouest car, comme toutes les antennes paraboliques, l'HD Compact doit être pointée vers le satellite. Si le téléviseur est du type SECAM ou PAL, il faut en outre disposer d'un décodeur D2-MAC. Prix : 1 500 F.




**1**
**LE MÉTRO EN CALCULETTE**
504 F, chez Catalogia, BP 62, 67061 Strasbourg Cedex




**4**
**AVANT DE DECROCHER, SACHEZ QUI VOUS APPELLE**
2 200 F, chez Dune, Galerie des Champs-Elysées 75008 Paris

# LES OBJETS DU MOIS

**1** Le Métro-Guide est un guide électronique du métro parisien proposé sous la forme d'une calculette (16 Koctets) au format 80 mm × 120 mm et répertoriant 400 stations du métro et du RER. L'utilisateur affiche sa position et sa destination sur l'écran grâce aux touches alphanumériques (par exemple gare de Lyon et Opéra), et obtient l'affichage du trajet, avec deux changements maximum, ainsi que le temps du parcours. Ces données peuvent être mémorisées pour un voyage ultérieur. Pour les usagers étrangers, le Métro-Guide comporte une fonction change qui convertit automatiquement les monnaies étrangères. Enfin, comme toute calculette, le Métro-Guide sait faire les quatre opérations et les pourcentages.



**2**
**DES SACS EN PLASTIQUE RECYCLÉ**
20 F les 50 sacs, dans les supermarchés Auchan.




**2** Le polyéthylène représente 51 % de tous les plastiques utilisés, et son élimination est difficile. La société Wavin le recycle désormais pour en produire des sacs poubelles, lesquels sont dotés des qualités requises pour cet usage (solidité, opacité, résistance aux chocs) et permet ultérieurement leur élimination. Cette technique contribue à la protection de l'environnement, en même temps qu'à l'économie d'énergie et de matière première. En effet, 1 kg de matière régénérée remplace 1 kg de polyéthylène neuf (ou vierge), tout en nécessitant 10 fois moins d'énergie pour la produire. Si la pratique du recyclage s'étendait, on finirait par ne plus produire de polyéthylène vierge ! Ces sacs "écologiques" pourraient être à la disposition du public, après avoir été adoptés par des municipalités qui les distribueraient à leurs habitants.

**3** Le Pill Meter II est un appareil de poche (9 x 6,5 cm) servant de montre et de serveur de médicaments. Il se programme pour afficher l'heure sur un écran numérique et pour déclencher une alarme de 60 secondes à l'heure choisie pour la prise de vos médicaments. Le boîtier comporte deux compartiments pour deux types de pilules et l'on peut programmer deux heures différentes. Enfin, l'instrument possède deux mémoires, utilisables lorsque les prises correspondant à chaque boitier doivent s'effectuer plusieurs fois par jour. Fonctionne sur pile.

**4** Le Télémanager vous permet de savoir qui vous appelle, avant même de décrocher. Branché entre la prise téléphonique et le combiné, il reconnaît les numéros de téléphone d'une centaine de correspondants et les affiche sur un écran numérique, ainsi que la date et l'heure des appels. Il affichera aussi le nom de la personne qui appelle s'il figure sur une liste préenregistrée (100 références maximum), si vous avez pris le soin d'ajouter cette information dans sa mémoire. Mais tout cela nécessite la coopération de votre correspondant: lorsqu'il entend le message pré-enregistré, il doit composer son propre numéro. S'il est reconnu par le Télémanager, il déclenchera une sonnerie chez l'appelé, sinon il raccrochera après avoir laissé un second message. Outre le filtrage d'appels, le Télémanager recherche et compose automatiquement le numéro que vous lui demandez, si vous l'avez inscrit dans sa mémoire. En votre absence, il retiendra jusqu'à 30 numéros de correspondants vous ayant appelé.

**5** Il n'y avait pas, jusqu'à maintenant de véritables répondeurs téléphoniques de voiture, les appareils proposés ne permettant que l'enregistrement d'un numéro ou d'un code. Une lacune que comble la société Technique-Sécurité, avec le téléphone enregistreur-répondeur "Simonsens". Celui-ci permet en effet à votre correspondant, en votre absence, de laisser un message d'une durée d'environ 30 secondes. Par ailleurs, grâce à une mémoire de grande

**5**

**UN TÉLÉPHONE-RÉPONDEUR DE VOITURE**
22 500 F,
chez Technique Sécurité,
72, rue Pouchet,
75017 Paris





**3**

**N'OUBLIEZ PLUS VOS MÉDICAMENTS**
310 F, chez Dune,
Galerie
des Champs-Elysées
75008 Paris

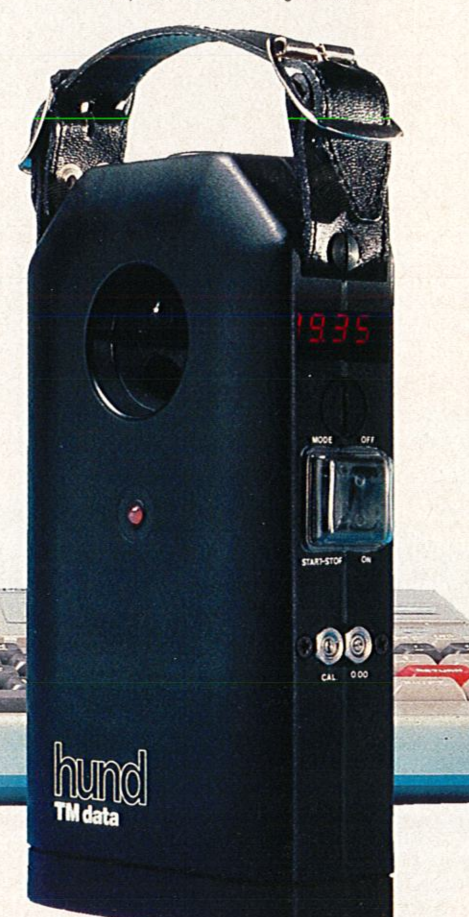



capacité (plus de 250 numéros mémorisables) et à un scanner à balayage ultra-rapide des canaux (0,8 seconde), l'appareil permet de téléphoner en toutes régions. Ce téléphone-répondeur est reliable au système anti-vol d'un véhicule : dès que l'on essaie de forcer le véhicule, il compose automatiquement le numéro que vous aurez programmé. Léger, il ne pèse que 2,6 kg, et sa batterie incorporée dispose d'une autonomie de 14 heures.

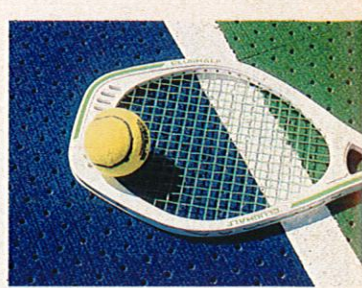
**6** Pour mesurer les poussières en suspension dans l'air et provenant par exemple d'aérosols, de fumées, de la proximité d'usines, de pollens, etc., il n'existait à ce jour que des appareils lourds et coûteux : compteurs électroniques de particules et appareils de gravimétrie permettant la pesée de particules infimes. Dräger Industrie lance aujourd'hui un instrument compact, le TM Data 8K, capable de fournir instantanément une mesure électronique de la concentration (de 1 $\mu g/m^3$ à 1 $mg/m^3$) de la poussière atmosphérique. Le système fait appel à la diffraction d'un faisceau infrarouge (produit par une diode à l'arséniure de gallium), celle-ci étant liée à la quantité des poussières en suspension dans l'air : plus il y a de poussières, plus ce faisceau est dévié. Ce système exclut les particules fibreuses, type amiante, laine ou fibre de verre, qui peuvent prendre une inclinaison particulière et ne pas dévier le faisceau infrarouge. Les mesures sont effectuées toutes les secondes, mémorisées par l'appareil et transformées en valeurs moyennes. 1 023 valeurs peuvent être ainsi mémorisées, en 24 heures.

**6**

**MESUREZ LES POUSSIERES ATMOSPHÉRIQUES**
40 000 F,
chez Dräger Industrie,
BP 141, 67025 Strasbourg Cedex





**9**
**UN TERRAIN DE TENNIS EN PUZZLE**
46 000 F,
Espace Sommer,
29 avenue
des Champs-Pierreux,
92022 Nanterre Cedex

**7**
**LA CAFETIÈRE QUI MOUD LE CAFÉ**
3 450 F,
dans les grandes surfaces d'électro-ménager

**8**
**UN RADIATEUR-HUMIDIFICATEUR**
1 090 F environ,
dans les surfaces spécialisées



# LES OBJETS DU MOIS

**7** Maximatic de Chromex, c'est le café-bar chez soi ! Il se met d'abord sous pression. Puis il moud le café en grains (réservoir de 250 g), lequel passe ensuite dans un filtre où il est tassé avant de recevoir de l'eau préalablement chauffée. Enfin est servi un expresso très serré ou un grand café (environ 30 tasses). Le tout en 5 secondes ! L'appareil comporte même une touche pour obtenir un décaféiné à partir d'un autre récipient contenant la mouture et recevant l'eau chaude. Enfin, si l'on ne souhaite que de l'eau bouillante ou si l'on veut réchauffer un liquide, cela est possible grâce à une buse spéciale.

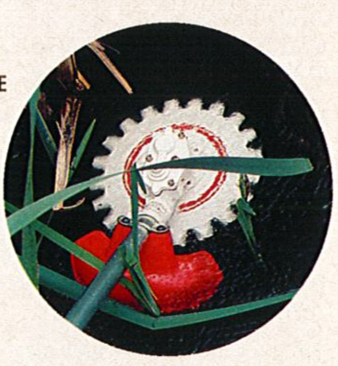
**8** La technique du chauffage micro-céramique est déjà connue; elle a permis une réduction importante de la taille de certains radiateurs sans affecter leur puissance. La société Chromex présente aujourd'hui le Tropichromex, appareil utilisant cette forme de chauffage (700 à 1 400 W), doté d'une minuterie et d'un ventilateur (25 W), et comportant en outre un humidificateur. Celui-ci fonctionne par évaporation, mais l'eau y bout indépendamment du radiateur. Son réservoir d'eau dispose d'une autonomie de 8 heures pour une pièce d'environ 65 m³. Il accepte toutes les eaux, dure ou douce, mais le nettoyage du calcaire est nécessaire. Enfin, il s'arrête automatiquement si le réservoir est vide.

**9** Halfcourt est un véritable court de tennis préfabriqué de 12,62 x 6,40 m, livré en kit, montable en trois heures. Ses dalles colorées, pré-imprimées, s'assemblent comme un puzzle et s'installent à l'extérieur ou en salle. Les raquettes sont courtes et dotées d'alvéoles qui les freinent quelque peu, pour adapter la force de frappe aux dimensions du court. Le filet a une hauteur de 78,5 cm. La balle ressemble à une balle de tennis, mais l'épaisseur et la densité de ses matériaux (feutrine, caoutchouc) sont différents. Son coefficient de déformation est très élevé et elle s'aplatit beaucoup, ce qui a aussi pour effet de ralentir le mouvement. Enfin, les balles rebondissent comme des balles de tennis. Pour la version extérieure, elles sont percées de petits trous et quadrillées pour favoriser l'écoulement et l'évaporation de l'eau.

**10** L'Alti-Vario V4, dernier-né des altimètres de la société Prétel, est le premier altimètre à mesurer, en plus, la vitesse ascensionnelle (montée ou descente) de 0 à 9,9 m/seconde par pas de 0,1 m/seconde. Il donne en correspondance l'altitude exacte, avec affichage par pas de 1m, de - 256 à + 6000 m. Ce résultat est obtenu par un capteur de pression compensé en température. Sachant qu'en montagne, la pression peut varier de 100 m pour 30° C d'écart, cet instrument évite ainsi toute dérive due aux variations de température.

**Les Echos de la vie pratique** ont été réalisés par Roger Bellone, Jean-Marie Bret, Lionel Dersot, Habib Eljari et Christine Mercier.

**11**
**UNE DÉBROUSSAILLEUSE À CISEAUX**
4 380 F, chez Roques et Lecœur, ZI de Croupillac 30100 Alès



**10**
**UN ALTIMÈTRE À DOUBLE FONCTION**
2 200 F, chez Prétel, BP 25, 38640 Claix

**12**
**UN ASPIRATEUR À POMPE REFOULANTE-ASPIRANTE**
2 000 F, dans les magasins d'électroménager

**11** La plupart des débroussailleuses sont équipées d'une lame rotative en dents de scie, qui peut être dangereuse lors de la rencontre d'obstacles (pierres, par exemple), qui la font rebondir. Un inconvénient qu'élimine l'appareil SGC 220 DL de Komatsu Xenoah, doté de deux lames échancrées (diam. 230 mm, 20 dents chacune) qui se croisent comme des ciseaux. Leur mouvement est assez lent pour éviter les rebonds, mais suffisant pour couper normalement les végétaux (épaisseur maximale 10 mm.) L'appareil fonctionne avec un moteur deux-temps (mélange 4 %) de 22,5 cc, le réservoir contient 0,5 l, la puissance développée est de 0,45 W à 6 500 tours/min. Avec son manche, il mesure 1,90 m et pèse 6,5 kg.

**12** Le dernier-né des aspirateurs Tornado, le Turbojet, est particulièrement adapté au nettoyage des tapis et moquettes. Equipé d'un moteur dit à "injection/extraction" d'une puissance de 1 200 W, il envoie sous pression le mélange de nettoyage eau-shampooing sur la surface à traiter, puis l'aspire par une autre ouverture dans le suceur dès que le nettoyage est achevé. L'eau usée est recueillie dans une cuve de 20 litres. A la différence des shampooineuses rotatives classiques, ce système ne laisse pas sécher le détergent dans les fibres de la moquette ou du tapis. Le Turbojet pèse 9 kg, mesure 34 cm de diamètre, 53 cm de hauteur. Il est doté d'un réservoir de détergent de 6 litres.

**Des skis à fixations aérodynamiques.** Kästle, le fabricant, met à la disposition des amateurs le X1 Intégral, un équipement de compétition susceptible d'améliorer leurs performances. Les skis comportent chacun deux cales dont le profil triangulaire prolonge les fixations sans laisser apparaître de zone de rupture. En outre, à l'arrière des skis, des nervures en creux favorisent l'écoulement de l'air. Enfin, une fois les skis chaussés et fixés, l'ensemble assure au corps une courbe de flexion optimale favorable à une meilleure transmission des forces exercées par le skieur. 3 600 F, dans les magasins de sports. ▲

# LES EXTRAORDINAIRES PROGRÈS DE LA SCIENCE LUDIQUE FERONT-ILS DU JEU UN INSTRUMENT DE DÉCOUVERTE D'AUTRES RÉALITÉS?

C'est la question qu'il est urgent de se poser à la suite de la récente publication, par Jeux Descartes, le célèbre éditeur de jeux innovateurs, d'un jeu de rôle tout à fait révolutionnaire : **TORG - Le jeu de rôle de la Guerre des Réalités.**

Vous connaissez les jeux de rôle. Cela fait maintenant plus de dix ans qu'ils sont apparus. Découverts par une poignée de passionnés, ils se sont vite développés et on peut maintenant aisément s'en procurer dans un grand nombre de boutiques spécialisées. Malgré la réputation injustifiée que s'acharnent à leur faire certains esprits, peu ouverts sur l'évolution de cette science toute nouvelle qu'est la ludologie, les jeux de rôle ont réussi à séduire. Bien entendu, beaucoup de ces jeux étaient, au début, limités dans leur propos et maladroits dans leurs mécanismes, mais des progrès pouvaient se constater de jour en jour. Jusqu'à aujourd'hui où la parution de **TORG - le jeu de rôle de la Guerre des Réalités** fait l'effet d'une véritable bombe.




Ce jeu est réellement révolutionnaire car il ne se contente pas d'intégrer les dernières découvertes en matière de règles et de scénarios. Il va bien plus loin : il introduit des mécanismes et une approche globale du jeu jamais vus auparavant.

C'est, tout d'abord, **un jeu multi-genres**: avec ce jeu, il est désormais possible de vivre des aventures dans des univers très différents dans lesquels on entre et desquels on sort très aisément. On n'est donc plus enfermé dans un genre dont on ne peut pas sortir sans changer de personnage, ni sans apprendre de nouvelles règles. **TORG** c'est donc plusieurs jeux de rôle en un!

C'est, ensuite, **un jeu évolutif**: tout ce que font les joueurs du monde entier peut intervenir dans l'évolution du jeu lui-même. Chaque joueur est invité à faire part de ses expériences et de ses suggestions à l'éditeur qui, après avoir traité ces données par informatique, introduit tous les changements qu'elles induisent dans les suppléments à paraître. Le jeu évolue donc en fonction des actions de ceux qui y jouent!

C'est aussi **un jeu à la mécanique universelle**: les règles intègrent astucieusement les fruits des plus récentes découvertes en matière de simulation. Les mécanismes permettent d'orchestrer spectaculairement tous les événements qui peuvent émailler une aventure tout en restant d'une grande simplicité. Leur extrême souplesse, leur parfaite clarté, leur excellente cohérence offrent aux maîtres de jeu un outil parfait de résolution de tous les problèmes, sans qu'il lui soit nécessaire de se noyer dans des pages et des pages de tableaux.

C'est, enfin, **un jeu économique**: dans la boîte de base, on trouve tout ce qui est nécessaire pour jouer, y compris un magnifique jeu de cartes spéciales dont l'utilisation au cours des parties introduit des péripéties imprévisibles dans une action par définition très mouvementée.

Mais ce qui fait que toutes ces qualités sont particulièrement intéressantes, c'est que **TORG** permet d'explorer, par l'artifice de la pensée ludique, plusieurs réalités hypothétiques et imaginaires. Son thème étonnamment crédible est conçu pour inviter les joueurs à d'étranges voyages dans d'autres mondes, à la découverte d'autres réalités. Pour la première fois, un jeu de rôle va au delà du simple plaisir de jouer : il offre à ceux qui le pratiquent un véritable instrument d'exploration sans aucune limite...

*TORG est un jeu de rôle en français publié par Jeux Descartes sous licence West End Games. Prix de vente conseillé : 350 francs.*
*Descartes Editeur:*
*1 rue du Colonel Pierre Avia, 75015 PARIS*
*tél: 46 48 48 20*

**LES MÉTIERS DE L'ESPACE**
**OBJECTIF : THUNES**

(suite de la page 125)

gne davantage un statut qu'une fonction. Même si le travail en équipe est assez répandu, de nombreuses recherches sont menées individuellement en laboratoires ou bureaux d'étude. Outre ces derniers, les ingénieurs sont affectés aux services de contrôle de la fabrication ou des essais au sol. Offrant plus de 60 000 emplois dont près de la moitié dans les équipements et l'informatique, la sous-traitance présente de belles perspectives de carrière et il peut être très intéressant pour un jeune diplômé d'y faire ses premières armes. Le cumul de fonctions y est en effet fréquent et... éminemment formateur !

Pour devenir ingénieur, vous avez l'embarras du choix. Il est possible de s'orienter directement vers les établissements spécialisés en aéronautique ou ayant une option préparant à ce domaine :

### ESA ET ESOC

Basé à Darmstadt (Allemagne), l'European space operation center (ESOC) sera chargé de piloter et contrôler de bout en bout tous les engins envoyés dans l'espace ; qu'il s'agisse de la sonde spatiale Ulysse envoyée vers Jupiter et Titan, du laboratoire Colombus, ou même de la station spatiale Freedom à laquelle s'intègrera Colombus. L'ESOC est ainsi responsable de l'accomplissement de la mission et de l'exploitation scientifique des informations transmises par les satellites.

L'Agence spatiale européenne (ESA) regroupe 13 pays (les pays de la CEE et l'Autriche).

Principal maître d'œuvre des grands programmes européens, elle assure 50 % des lancements mondiaux de satellites ainsi que la fabrication de 30 % de ces derniers. Son rôle est également de répartir les contrats entre les pays membres, en fonction de leur contribution au budget.

grande école ou école d'ingénieur (polyvalente ou non). Hormis ces voies royales, vous serez toujours bien accueilli avec un DEA, un DESS ou un doctorat en recherche fondamentale ! Pensez également au Conservatoire national des arts et métiers (CNAM), dont les diplômes sont très appréciés.

Domaine technique par excellence, l'espace ne recrute pas que des scientifiques. Avec la perspective d'une exploitation industrielle et commerciale, les services administratifs, commerciaux ou financiers des entreprises du secteur espace vont se développer. Bienvenue donc aux diplômés d'écoles de commerce ou d'administration, de facultés de droit et sciences économiques et même lettres et sciences humaines... Décidément, l'espace n'a pas fini de nous étonner !

**Hervé Lhuissier**

## LE VIF CONTRE LE FIXE

(suite de la page 67)

défense antimissile Patriot des bases aériennes avancées sera également dépassée par le nombre incroyable de missiles balistiques assaillants et les bases seront bien vite hors d'état. Bien que des raids en profondeur soient exécutés par des bombardiers alliés basés plus en retrait, l'appui aérien rapproché fourni aux troupes au sol sera de plus en plus le fait des seuls hélicoptères de l'armée et des avions à décollage et atterrissage verticaux (ADAV) Harrier de la RAF. Les Harrier opéreront depuis des caches préparées, pourvues de carburant et de réserves de munitions, éloignées de toute piste d'envol, et au plus près des unités alliées qu'ils doivent appuyer.

Au fur et à mesure que les unités ennemies déployées à l'avant sont privées des approvisionnements et des renforts en provenance de l'arrière, leurs effectifs fondent et leur moral s'affaisse devant les contre-offensives alliées. Le blindage, relativement mince des VCI et des canons automoteurs soviétiques offre peu de protection contre les sous-munitions antichars, les mines et les missiles à guidage terminal des alliés. Sans ces véhicules, les blindés lourds de l'ennemi se sentent de plus en plus isolés. Le seul appui direct auquel ils peuvent faire appel, est celui des hélicoptères de combat, particulièrement les Mi-24 Hind et les Mi-28 Havoc, armés d'un canon, de roquettes et de missiles.

**Corps-à-corps de chars et d'hélicoptères.** Pour les Alliés, le combat contre les unités ennemies de la ligne de front se transformera en une série d'engagements antichars et antihélicoptères. Les unités d'infanterie alliées qui auront survécu aux tirs d'artillerie massifs du début déploieront un grand nombre de missiles antichars sur des positions en embuscade, cherchant à couvrir leurs propres VCI, également légèrement blindés, pour sauvegarder leur précieuse mobilité. Les formations de chars et d'hélicoptères qui leur sont jumelées s'en prendront prioritairement aux formations similaires de l'ennemi.

Le T-64B et le T-80 sont les deux types de chars principaux de l'armée soviétique. S'y ajoutent les T-72, fabriqués en grand nombre principalement pour l'exportation. Ces trois modèles sont armés d'un canon de 125 mm à cadence de tir élevée, grâce à leur chargement automatique (autochargeur). Ils ont une silhouette basse, sont rapides et sont équipés de plaques de blindage réactif à l'avant et sur les côtés. Initialement mis au point par les Israéliens dans les années 1980, puis repris par la plupart des armées, ces blindages réactifs consistent en des sortes de "briques" explosives disposées (parfois sur plusieurs rangées) à l'extérieur du char. On compte sur l'énergie de l'explosion pour contrer en totalité ou partiellement l'énergie chimique de l'obus.

Le T-64B et le T-80 sont des adversaires redoutables entre les mains d'équipages expérimentés. Outre les munitions classiques, le canon, à âme lisse, peut aussi tirer des missiles antichars AT-8 Songster stockés dans l'autochargeur. En plus de leur puissance de feu accrue, ces chars sont mieux protégés que leurs devanciers. Sous le blindage réactif additionnel, leur blindage principal est d'un nouveau type, double sandwich, avec des plaques d'acier de différentes duretés, séparées par des couches de tissu de fibre de verre. Seuls une charge creuse de diamètre respectable, ou un obus flèche en tungstène ou en uranium appauvri tiré à grande vitesse initiale par un canon de char, pourraient arriver à percer ce blindage.

Les plaques de blindage réactif des T-64, T-80 et T-72 résisteront à la plupart des charges creuses traditionnelles comme celles équipant le gros des missiles antichars alliés. De nouvelles charges "tandem" ont été développées pour ces missiles, en particulier pour le Milan (2 000 m de portée) et le Hot (4 000 m), largement utilisés par les forces européennes. La première charge fait détonner le blindage réactif, et, quelques millisecondes plus tard, la seconde charge s'engouffre dans la brèche, pour frapper et si possible percer le blindage principal. La première de ces charges — pour le Milan — sera prête cette année ; aucune n'est encore à la disposition des troupes sur le terrain.

Entre-temps, les Alliés ont entraîné leurs servants de missiles antichars à attaquer les nouveaux blindés soviétiques, non par l'avant, mais sur les côtés ou par l'arrière. Un coup direct sur le compartiment moteur ou la boîte de vitesses, moins protégés, peut immobiliser un char. Les Alliés ont aussi en développement des munitions tirées par l'artillerie ou les lance-roquettes qui attaquent les chars par le toit, là où le blindage est le plus mince. Plusieurs de ces nouvelles munitions sont déjà en service. L'autre arme antichar majeure des Alliés, ce sont les mines à déploiement rapide des dernières générations, qui ne sont pas enterrées, mais semées en grand nombre par des obus, des roquettes ou des hélicoptères. Certaines seront aperçues par les tankistes et évitées, mais rappelons que, écoutilles fermées, la vue est très limitée depuis l'intérieur d'un char.

Avec la combinaison de groupes antichars et de champs de mines à déploiement rapide, les chars ennemis seront canalisés par les forces alliées vers des "zones d'abattage". Les VCI type BMP, et surtout les véhicules accompagnateurs de défense aérienne — portant canons pointés par radar, missiles sol-air SA-6, SA-9 ou SA-13 — seront les premières victimes des attaques alliées par avions d'appui rapproché munis de missiles, ces attaques étant accompagnées d'un puissant brouillage. Quelques-uns des avions alliés, ainsi que des hélicoptères de combat, s'en prendront ensuite aux hélicoptères soviétiques Hind et au Havoc volant dans le coin. Puis les unités blindées ennemies seront elles-mêmes touchées par des attaques combinées impliquant des avions, des hélicoptères, de l'artillerie et finalement les chars lourds.

Grâce à cette supériorité aérienne locale, les Alliés peuvent réussir à isoler des formations blindées de l'ennemi, et leur infliger de lourdes pertes au point de les forcer à s'arrêter. Sans espoir de secours, le commandant de la formation attaquée n'a qu'une alternative : continuer à combattre jusqu'à l'épuisement, ou se rendre. **Defence & Aerospace Publishing Services, Genève.**

## IF CONTRE CANCER

(suite de la page 30)

anglais, afin de procéder aux premiers essais cliniques.

Aléa : le taxotère n'est pas absolument sélectif, c'est-à-dire qu'il peut bloquer aussi bien les mitoses des cellules tumorales que celles des cellules normales. L'inconvénient est relatif, du fait que les cellules normales se divisent moins vite que les cellules tumorales. Pour pallier ce handicap, on peut diriger le taxotère uniquement sur les cellules malades. La technique est au point. Elle consiste à armer, avec ce poison, des anticorps spécifiques des cellules tumorales du malade. Brièvement résumé, en voici le principe.

Première étape : on prélève sur le patient un échantillon de cellules tumorales que l'on met en culture avec des lymphocytes B, également recueillis chez ce même malade. Comme les cellules tumorales se distinguent des cellules normales par la présence en surface de molécules étrangères, elles sont reconnues par les lymphocytes B comme des antigènes, c'est-à-dire des cellules ennemies et, de fait, elles sont mitraillées par les anticorps spécifiques émis par ces lymphocytes B.

Deuxième étape : on provoque, chez une souris de laboratoire, un cancer des lymphocytes B. Pour ce faire, on lui injecte de la paraffine qui est un produit très cancérigène. Ensuite, on fait une prise de sang à l'animal et, dans le sang recueilli, on prélève les lymphocytes B cancérisés, que l'on met en culture. Comme toutes les cellules cancéreuses, ces lymphocytes B ont la propriété de se diviser indéfiniment. Ils sont devenus immortels.

Troisième étape : on met des lymphocytes B cancérisés de souris en présence des lymphocytes B du malade. Puis on ajoute au milieu de culture soit un virus, soit une substance chimique comme le polyéthylène-glycol, qui tous deux ont pour propriété de favoriser la fusion des deux types de lymphocytes B. On obtient alors des hybrides cellulaires ou hybridomes qui ont hérité des propriétés des deux partenaires, celle d'être immortels et celle de sécréter indéfiniment l'anticorps pour lequel ils ont été programmés.

Quatrième et dernière étape : les hybridomes sont cultivés en boîte de Pétri, en présence de cellules tumorales du malade. Les hybridomes se mettent alors à fabriquer des anticorps contre ces cellules. On charge ces anticorps avec du taxotère (un peu comme font les aborigènes d'Australie lorsqu'ils empoisonnent leurs flèches), et on les injecte, par voie sanguine, au malade. Téléguidés, les anticorps se dirigent vers les cellules malades qui sont détruites. On attend les résultats des essais cliniques.

**Pierre Rossion**

## CANCER DU SEIN : PREMIER SOUPÇON

(suite de la page 27)

d'un tissu donné. Dans des conditions normales, leur libération dans l'organisme est strictement contrôlée, rigoureusement limitée dans le temps, adressée à un besoin précis, tel la reconstitution d'un tissu lésé. Or, les cellules tumorales n'ont pas la faculté d'un pareil self-control. Elles confectionnent à tout va de grosses quantités de facteurs de croissance de différentes sortes. N'est-ce pas là le signal recherché, celui qui doit déclencher la synthèse de la ST3 dans les tissus limitrophes ?

Pour s'en convaincre, l'équipe strasbourgeoise a introduit différents facteurs de croissance dans les cultures de cellules de tissu conjonctif. Le résultat répond à l'espoir des chercheurs : ces molécules obligent le stroma à fabriquer en série une certaine protéine. Et celle-ci n'est autre que la ST3.

En toute probabilité, le signal en question est porté par un des facteurs de croissance libérés par la tumeur. Celle-ci exploite donc une substance familière, reconnue par l'organisme comme utile et innocente, pour tromper les cellules saines du voisinage, les réquisitionner, les détourner de leur vocation légitime et les enrôler à son service. Le cancer témoigne d'une logique offensive redoutable. Dans leur guerre contre les "bonnes" cellules, les cellules malfaisantes utilisent des moyens de combat, des tactiques de destruction, extrêmement intelligents. Les forces de la mort connaissent parfaitement les armes biochimiques qui sont efficaces contre la vie.

Il est possible, pensent les chercheurs, que le mécanisme de synthèse de la ST3 ne soit pas aussi simple et direct que le processus évoqué. La protéine pourrait agir par étapes interposées, grâce à l'intermédiaire d'une protéase, enzyme qui décompose les protéines en leurs éléments constitutifs par hydrolyse, et qui serait relayée par les cellules tumorales. Le signal provoquant la synthèse proviendrait alors de substances protéiques comportant un nombre restreint d'acides aminés, des peptides, libérées après l'action de la protéase sur les composants du stroma. Les perspectives : l'espoir de développer des "anti-ST3", sortes d'inhibiteurs de métastases, produits qui trouveraient leur application à deux niveaux thérapeutiques, la prévention et le traitement.

Dans la situation actuelle, quand un médecin diagnostique un cancer du sein, on pratique aussi rapidement que possible l'exérèse de la tumeur, ou même de la glande entière si la tumeur est trop grosse. Le problème pour le clinicien : savoir si le cancer a déjà essaimé, s'il y a formation de foyers secondaires dans les viscères. L'examen révèle l'absence de métastases apparentes dans 30 % des cas. Or, un tiers des patientes de ce dernier groupe en développeront quand même, en dehors de toute prévision possible. Si la chimiothérapie est appliquée systématiquement à toutes ces femmes, elle sera bénéfique à 30 % d'entre elles, complètement inutile pour les autres. Or, la chimiothérapie est une intervention extrêmement agressive que les médecins répugnent à prescrire inconsidérément.

Les anti-ST3, probablement peu toxiques, pourraient alors être utilisés en remplacement de la chimiothérapie chez les sujets ne présentant pas de tumeur secondaire apparente — un traitement confortable susceptible d'enrayer la survenue et l'évolution de métastases éventuelles. Si la tumeur a déjà essaimé dans d'autres organes vitaux, cette thérapie pourrait être quand même envisagée pour limiter le développement de ces foyers secondaires.

L'aspect pharmacologique ne pourra être abordé effectivement qu'après la mise au point d'un modèle animal probant, avec la création par exemple de souris surexprimant la ST3 dans leurs glandes mammaires. On pourrait alors étudier si celles-ci développent plus de métastases que les souris normales. La grande firme pharmaceutique américaine Bristol Myers Squibb entend démarrer un programme de criblage de drogues anti-ST3 dès qu'un tel modèle animal aura été réalisé.

Cependant, il faut tempérer les espoirs. Car longue est la route qui mène de la recherche médicale à la création d'un nouveau médicament.

**Marie-Françoise Lantiéri**

## ADAM ÉTAIT UN PYGMÉE

(suite de la page 38)

hir le reste de l'Afrique et l'ensemble du monde, remplaçant à cette occasion les autres populations humaines préexistantes ».

Un "consortium" international de plusieurs laboratoires a été formé pour approfondir ces recherches. Les gènes de populations "primitives" sont passés au crible - Negritos philippins, Aïnous japonais, Veddas de l'Inde, Papous de Nouvelle-Guinée... Le Pygmée Aka reste jusqu'à présent notre ancêtre le plus probable. Comme on pouvait s'y attendre, les Bochimans d'Afrique du Sud sont ses cousins, mais apparentés aux Indo-Européens ; les Bochimans, ces "Jaunes de l'Afrique", comme on les appelle parfois, sont sans doute descendants de peuplades ayant migré d'Afrique en Asie, étant ensuite revenues en Afrique.

Mais il n'y encore aucune certitude absolue (elles sont rares, en anthropologie) et le débat continue. En attendant, les Pygmées Aka mènent toujours dans leur "jardin d'Eden" une vie de chasse et de cueillette. Seront-ils dérangés dans leur habitat forestier par des curieux cherchant à retrouver le paradis perdu ?

**Alexandre Dorozynski**

## SI L'IRAK A LA BOMBE C'EST GRÂCE À LA FRANCE

(suite de la page 77)

l'aide d'acide fluorhydrique qui, combiné à l'uranium, donne de l'hexafluorure d'uranium.

Il faut ensuite soumettre ce gaz à une force centrifuge pour permettre aux atomes les plus légers, ceux d'uranium 235, d'être récupérés au milieu de la centrifugeuse. Cette opération doit être répétée des centaines de fois, avant d'aboutir au produit final : de l'uranium enrichi.

Ce type d'installation, qui requiert des milliers de centrifugeuses disposées en cascades, fonctionne déjà en Chine et à Gronau en RFA, où il est exploité par la firme URENCO, un conglomérat ouest-allemand, britannique et néerlandais ; il a été construit par une firme allemande, MAN Technologies, qui possède l'expérience en ce domaine. Il semble difficile de penser que cette firme soit totalement étrangère au fait que, premièrement, le Brésil possède une installation pilote d'enrichissement par centrifugation de 300 machines à Ipero, et que, deuxièmement, le Pakistan en construise une plus vaste à Kahuta.

L'Irak visait, paraît-il, une installation de 5 000 centrifugeuses, mais n'en aurait fabriqué que 26, détruites probablement par les bombardements américains. Avec ses 26 machines, l'Irak n'aurait pas pu produire la quantité d'uranium 235 suffisante pour une bombe, une vingtaine de kilos environ, avant, au mieux, 8 à 10 ans, cela au cas où les centrifugeuses offraient le même rendement que celles de Gronau. Si leur rendement ne dépassait pas celui des machines brésiliennes, il aurait fallu dix fois plus de temps, soit... 80 ans !

Mais il est évident que l'Irak n'entendait pas s'arrêter là. Entre 1987 et 1989, la firme allemande H & H Metal Form aurait fourni à l'Irak trois machines rotatives destinées à fabriquer des centrifugeuses non loin du site de Tuwaitha où se trouvait Osirak.

Parallèlement, des travaux du même ordre auraient été aussi en cours à Mossoul, dans un centre secret baptisé "Saad 16", où était également mené un programme de recherche sur les missiles. Est-ce le fameux hangar dont le toit a volé en éclats sous les bombes devant des millions de téléspectateurs ?

Deux hommes au moins semblent avoir joué un rôle prédominant dans cette histoire, tous deux allemands et appartenant à la firme MAN Technologies qui a construit l'usine de Gronau. Bruno Stemmler et Walter Busse auraient passé des marchés en Allemagne pour le compte de l'Irak et auraient joué le rôle de "consultants", sans bien sûr l'accord de leur maison mère, à laquelle ils appartenaient encore au moment

(suite du texte page 166)

## SI L'IRAK A LA BOMBE C'EST GRÂCE À LA FRANCE

(suite de la page 165)

des faits, et qui fermait sans doute complaisamment les yeux lorsque ses deux employés disparaissaient en Irak !

Ont-ils conseillé l'Irak pour réunir le matériel nécessaire à la fabrication de l'usine d'enrichissement ? En février 89, les autorités américaines empêchaient l'Irak d'acheter aux Etats-Unis des pompes à vide, dont l'un des usages peut être l'enrichissement de l'uranium. Les deux hommes ont-ils vendu à l'Irak (avec l'accord de la maison mère ?) les plans des centrifugeuses, plans que Stemmler affirmait avoir vus en 1988 dans un laboratoire près de Bagdad, sans qu'il pût expliquer comment ils étaient arrivés là ? Ont-ils joué un rôle dans l'exportation vers l'Irak, bloquée en août 90 par la douane à l'aéroport de Francfort, de plusieurs centaines de couvercles, composants stratégiques "classifiés" entrant dans la fabrication de centrifugeuses ?

C'est en tout cas vers l'Allemagne encore que s'est tourné l'Irak lorsqu'il fallut trouver des aimants spéciaux, pour équilibrer les centrifugeuses tournant à 60 000 t/min. Un lot de 300 aimants circulaires de 5 à 6 cm de diamètre faillit être fourni par Inwako, firme de Bonn spécialisée dans le commerce des armes, celle-là même qui a amélioré les performances des Scud-B fournis par l'URSS. Inwako n'était pas seul ; il avait pour partenaire Technology Development Group, compagnie basée à Londres et déjà impliquée, elle aussi, dans des affaires de fournitures d'armes à l'Irak.

Auparavant, les Irakiens s'étaient procuré des aciers spéciaux riches en nickel destinés à la fabrication des rotors cylindriques. Une autre société allemande, Interatom, construisit près de Bagdad une usine de fabrication de tubes, qui ne fut jamais terminée. Il ne s'agissait, prétend Interatom, qui a travaillé pour URENCO dans le domaine de la centrifugation, que de produire des équipements destinés à l'industrie pharmaceutique et pétrochimique ! Comment pourrait-on mettre en doute la bonne foi de cette firme qui figure en bonne place sur la liste dressée par les services secrets américains, et où figurent les noms d'une cinquantaine de firmes allemandes soupçonnées d'avoir fourni des équipements stratégiques à l'Irak ?

On peut croire que les installations clandestines de Saddam Hussein ont été bombardées par les Américains. A moins qu'il n'en ait fait construire en sous-sol, comme il en avait l'intention. Quand on a du pétrole, on peut se permettre d'acheter et des idées, et la conscience d'une bonne partie de la planète.

**Jacqueline Denis-Lempereur**

## UN MOTEUR QUI MARCHE COMME UNE CHENILLE

(suite de la page 110)

duire cette reptation avec un système qui ressemble à une paire de freins à disques reliés par des barres de Terfenol. Un croquis valant mieux qu'une bonne douzaine de paragraphes, avec notes en bas de pages, addenda et postface, on se reportera à notre ***dessin p.110*** pour suivre la marche du système.

Le dispositif peut, soit constituer le mobile se déplaçant sur une tige ou un cercle, soit être fixe et entraîner barre ou disque — si on attache une chenille en mouvement sur une feuille de carton, c'est la feuille qui va se mettre à reculer. Les forces de pression dues à la magnétostriction étant très élevées, le système donne automatiquement un moteur ou un frein selon le courant envoyé. C'est là un avantage essentiel comparé aux moteurs habituels qui n'opposent à peu près aucune résistance au mouvement dès qu'ils ne sont plus alimentés.

C'est ainsi qu'un treuil électrique ordinaire doit impérativement être muni d'une roue à cliquet, sans quoi la charge tirée repart et entraîne le moteur en sens inverse dès qu'on coupe le courant. Avec le moteur piézomagnétique, le disque tournant est pincé par l'une des deux mâchoires et se trouve en position bloquée dès l'arrêt. La rotation étant, de plus, lente, ce type de moteur peut être utilisé comme positionneur dans divers types de machines-outils.

Comme il s'agit par ailleurs d'une rotation discontinue progressant par minuscules fractions de tour, le moteur peut être arrêté pile à l'instant voulu sans qu'il y ait ni jeu avant ni recul en position stop. C'est donc l'alliance de la force et de la précision, deux choses qui en général ne vont pas ensemble.

La magnétostriction associant les deux avec un temps de réaction bien inférieur au dix millième de seconde, on peut aussi l'appliquer à la compensation des déformations sur du matériel lourd — le principe est déjà utilisé avec la piézoélectricité pour des charges moyennes. D'autres chercheurs travaillent aussi à en faire la base d'amortisseurs actifs de vibrations, lesquels envoient une oscillation de sens contraire qui annule les mouvements parasites.

Relevons enfin un phénomène courant dans l'industrie : la magnétostriction était une curiosité de laboratoire connue depuis plus de cent cinquante ans, et c'est la découverte d'alliages nouveaux qui a permis de l'exploiter. Or des curiosités de laboratoire connues depuis des siècles, il y en a des dizaines qui attendent sans doute quelque autre découverte technologique pour déboucher sur le marché.

**Renaud de La Taille**

## 12 PRODUITS CHIMIQUES SOUS SURVEILLANCE

(suite de la page 23)

n'est assez précis pour le détecter.

On le voit, la tâche des policiers est ardue et ressemble souvent à la recherche d'une aiguille dans une botte de foin. Car les trafiquants, eux, sont prêts à tout et capables de tout. On en a vu, il y a quelques années, en Amérique du Sud, opérer une razzia sur tous les flacons de vernis à ongles pour en récupérer le dissolvant. On ne peut tout de même pas réglementer la vente de tous les produits contenant des solvants !

A l'OCTRIS, vient d'être créée une cellule baptisée "Précurseurs, produits chimiques et psychotropes" et spécialisée dans la lutte contre le détournement des matières auxiliaires de la drogue. Dans un premier temps, elle va distribuer à toutes les entreprises intéressées, du fabricant au détaillant en passant par le transporteur et le grossiste, une liste de critères permettant de déceler les transactions et les acheteurs suspects : client inhabituel ou client régulier gonflant soudainement ses achats ; refus de livraison à domicile ou demande d'un conditionnement spécial ; paiements importants proposés en liquide, etc.

Ensuite, sur la base des informations transmises par les entreprises, la cellule de l'OCTRIS lancera des enquêtes "offensives" grâce auxquelles elle espère pouvoir remonter les filières ce qui lui permettra d'aboutir aux laboratoires clandestins installés sur notre sol ou à l'étranger.

L'objectif est certes audacieux, mais, pour l'atteindre, les policiers français des "stups" comptent aussi sur les "tuyaux" que pourront leur fournir leurs collègues des autres pays. Ils bénéficieront bien sûr également des renseignements que les douanes, également en alerte, ne manqueront pas de leur communiquer.

C'est donc toute une stratégie qui est mise en place, la chasse aux précurseurs faisant désormais partie de la "guerre totale" déclarée à la drogue, au même titre que la chasse aux trafiquants ou la lutte contre le blanchiment des narco-dollars.

Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si, lors du dernier sommet des pays industrialisés, qui s'est tenu à Houston, en juillet dernier, on a assisté à la naissance du GAP, ou "Groupe d'action précurseurs". Ce groupe a été créé sur le même modèle que le GAFI, ou "Groupe d'action financière internationale" qui, on s'en souvient sans doute, a été à l'origine, l'an passé, de la loi levant en partie le secret bancaire.

**Marc Mennessier**



## PHOTOGRAPHES ET ILLUSTRATEURS

(Les crédits sont indiqués page par page, de gauche à droite et de haut en bas)
Couverture :C. Lacroix ; p. 2/3 : Renault - Napo - G. Smith/Picture Group - M. Renaudeau/Hoa - Qui - L. Christophe - A. Ernoult - Sipa-Press ; p. 16 : J. Azel/Cosmos ; p. 18 : Cosmos — F. Durand/SIPA — Gellié/SIPA ; p. 19 : F. Durand/SIPA ; p. 20 : B. de Bruin/Gamma — P. Montbazet/ Explorer ; p. 20/21 : F. Durand/SIPA ; p. 22 : Landsat — CNES 1989/ Doc ONU ; p. 23 : P. Boulat/Cosmos — F. Durand/SIPA — Douanes françaises ; p. 24 : C. Witt-Deguillaume ; p. 28/29 : K. Blumenfeld ; p. 32 : Cinestar/Giraudon ; p. 35 : R. Sabatier ; p. 36 : J. G. Jules/Ana ; p. 40/ 41 : G. Sirena/Zefa — E & P Bauer/Zefa ; p. 42 : P. Lallour ; p. 43 : G. Lacz/Sunset ; p. 44/45 : Bios — Jacana ; p. 46 : DR ; p. 47 : G. Luci — DR ; p. 48 : Chambeyron/Genit ; p. 50 : DR ; p. 52 : G. Barto/Image Bánk ; p. 53 : S. Niedorf/Image Bank ; p. 56 : I. Correia — Revesz Tamas ; p. 60/61 : Trippett/SIPA ; p. 62 : J. P. Husson - Jane's - Daps ; p. 63 : Jane's ; p. 62/63 : XXX ; p. 64 : Daps ; p. 65 : A. Beinat — Daps ; p. 66 : Daps ; p. 67 : Daps — US Army ; p. 68 : AFP ; p. 69 : CEA ; p. 72 : AFP — CEA ; p. 73 : Gamma ; p. 75 : A. Meyer ; p. 76/77 : DOE ; p. 78/79 : Sygma — J. Witt/Sipa ; p. 80 : Trippet/Sipa — DR ; p. 80/81 : B. Gentile/Sipa ; p. 82 à 84 : C. Lacroix ; p. 86 : G. Bassignac/Gamma ; p. 87 : Aérospatiale ; p. 89 : J. Witt/Sipa :p. 91 : Gamma — Sipa ; p. 92 : Réa — Sipa — J.P. Husson — Jane's Info Group — Sygma — Jane's Soviet Intelligence Review ; p. 93 : Jane's SIR — Aérospatiale — Daps - SIPA ; p. 94 : Ernoult — Gamma — Aérospatiale — Panhard — Jane's SIR : p. 95 : Sipa — Aérospatiale ; p. 96 : Sipa — Sygma — Daps ; p. 97 : Réa ; p. 98 : Renault Automation ; p. 99/100 : Num ; p. 101 : Renault Automation ; p. 103 : I. Correia ; p. 104 : Renault ; p. 106/107 : A & J Six — DR ; p. 108 à 110 : I. Correia ; p. 111 : N. Papamiltiadès ; p. 113 : N. Papamiltiades — Gem-Import ; p. 115/116 : N. Papamiltiadès ; p. 118 : DR ; p. 121 : M. Barrat/Canal Plus ; p. 122 : DR ; p. 123 : R. Sabatier ; p. 126 : L. Chamussy/Sipa ; p. 129 : DR ; p. 131 : M. Toscas/ Gal 27 ; p. 133 à 135 : M. Roux-Saget ; p. 138 : M. Toscas/Gal 27 ; p. 141 à 143 : M. Roux-Saget ; p. 156 à 159 : E. Malemanche — DR.

Le directeur de la publication : Paul DUPUY - Dépôt légal : n° 84007 - N° de Commission paritaire : 57284 du 15 décembre 1975 - Printed in France
Photocomposition : Ponsing Arts Graphiques F/67300 Schiltigheim - Photogravure et impression : Imp. Alsacienne Jean Didier F/67200 Strasbourg

# MÉTAL 5 PRÉSERVE VOTRE CAPITAL MOTEUR

*Compatible avec tous les lubrifiants, Métal 5 protège activement tous les moteurs Diesel et essence, avec ou sans plomb. Il convient aussi bien aux moteurs atmosphériques que turbo, avec ou sans pot catalytique.*

Démarrages, embouteillages, accélérations... les moteurs d'aujourd'hui sont soumis à rude épreuve. Résultat : malgré des moteurs plus performants et des huiles de plus en plus sophistiquées, les phénomènes d'usure deviennent sensibles. Très vite, puissance et nervosité dérapent ainsi que les consommations.

**Des performances préservées :** Métal 5 est le seul traitement remétallisant capable d'enrayer les phénomènes d'usure dûs aux conditions modernes de conduite. Issu des technologies les plus actuelles, il assure une parfaite protection des pièces soumises à friction ; le moteur conserve ses conditions idéales de fonctionnement et ses performances d'origine.

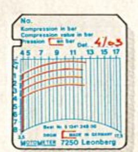
**Une longévité assurée :** utilisé régulièrement, Métal 5 prolonge la vie de votre moteur, garde intacte sa puissance et diminue les surconsommations d'huile et de carburant. Les compressions remontent et s'équilibrent ; c'est le signe indiscutable de la bonne santé de votre moteur. Alors, dès 20.000 km, préservez votre capital moteur et gardez intact votre plaisir de conduire.

Métal 5 est conseillé par plus de 10.000 professionnels auto et par le réseau Automobiles Peugeot (Concessionnaires et Agents). Pour obtenir des renseignements techniques personnalisés, écrivez ou téléphonez au Centre d'Information Métal 5 : SODITEN S.A. - 127, avenue Félix-Faure - 92000 Nanterre Tél. : (1) 45.06.22.44.

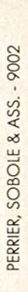
Exemple de protection active Métal 5 sur un moteur 16 soupapes de 1.900 cm³ : les compressions remontent et s'équilibrent.




Etat des compressions avant Métal 5 à 56.223 km.




Etat des compressions avec Métal 5 à 57.140 km.




*Adressez-moi gratuitement le Guide Métal 5 d'entretien des moteurs : 16 pages illustrées, 14 questions d'automobilistes, 14 réponses Métal 5.*

Nom : ______________ Adresse : ______________

______________________________

Ville ______________ Code postal |_|_|_|_|_|

Type de voiture : ______________ Kilométrage ______________

SV 9103

**métal 5®**

**LA PROTECTION ACTIVE DES MOTEURS.**